

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ



**Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет**

**МОРЕХОДЫ – РАЗВИТИЮ РЫБНОЙ
ОТРАСЛИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

**Материалы XIV Международной научно-технической
конференции студентов, курсантов и молодых ученых**

(Владивосток, 20–22 апреля 2022 года)

Электронное издание

**Владивосток
Дальрыбвтуз
2022**

УДК 639.2+639.123.073
ББК 65.35(2P55)
М79

Редакционная коллегия:

Председатель – Бурханов Сергей Борисович, канд. экон. наук, доцент, директор Мореходного института ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Зам. председателя – Карпушин Иван Сергеевич, канд. техн. наук, доцент, зав. каф. «Судовождение» ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Секретарь – Лебедева Марина Николаевна, зам. директора Мореходного института по научной работе ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Адрес оргкомитета конференции:

680087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52 б,
Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет
Тел/Факс: (423) 244-00-49
E-mail: lebedeva.mn@dgtru.ru

М79 Мореходы – развитию рыбной отрасли Дальнего Востока : материалы XIV Международ. науч.-техн. конф. студентов, курсантов и молодых ученых [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. (36,0 Mb). – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2022. – 427 с. – Систем. требования : PC не ниже класса Pentium I ; 128 Mb RAM ; Windows 98/XP/7/8/10 ; Adobe Reader V8.0 и выше. – Загл. с экрана.

В материалах представлены результаты научно-исследовательской работы обучающихся в области безопасности мореплавания и технического обеспечения судов, технического сервиса и транспортных систем.

УДК 639.2+639.123.073
ББК 65.35(2P55)

© Дальневосточный государственный
технический рыбохозяйственный
университет, 2022

Секция 1. БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

УДК 629.12:551.467(265.53)

Иван Владимирович Ашов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-212, Россия, Владивосток, e-mail: pillers@mail.ru

Максим Романович Доценко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-212, Россия, Владивосток, e-mail: maxdocenko7247@gmail.com

Научный руководитель – Людмила Ивановна Мезенцева, канд. геогр. наук, доцент

Ледовые условия Охотского моря в текущем ледовом сезоне 2021–2022 гг.

Аннотация. Исследуется климатология процессов ледообразования в Охотском море: сроки начала формирования ледяного покрова и достижения максимальной ледовитости, преобладающие формы льда, площадные характеристики – и фактическое состояние ледяного покрова в текущем сезоне 2021–2022 г. Выявлено, что сезон 2021–2022 гг. для Охотского моря был чрезвычайно мягким. Основная причина – особенности атмосферной циркуляции, частый выход на акваторию моря глубоких южных циклонов.

Ключевые слова: Охотское море, ледовый сезон, ледовитость, безопасность судоходства.

Ivan V. Ashov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-212, Russia, Vladivostok, e-mail: pillers@mail.ru

Maxim R. Dotsenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-212, Russia, Vladivostok, e-mail: maxdocenko7247@gmail.com

Scientific adviser – Ludmila I. Mezentseva, PhD, Associate Professor

Ice conditions in the Sea of Okhotsk in the current ice season 2021–2022

Abstract. The paper investigates the climatology of ice formation processes in the Sea of Okhotsk: the timing of the formation and achievement of maximum ice cover, the prevailing forms of ice, areal characteristics, and the actual state of the ice cover in the current season 2021–2022. It was revealed that the 2021–2022 season in the Sea of Okhotsk was extremely mild. The main reason is in the peculiarities of atmospheric circulation, in the frequent emergence of deep southern cyclones into the sea area.

Keywords: Sea of Okhotsk, ice season, ice concentration, navigation safety.

Для всех типов морских судов, особенно для рыбодобывающих, малой тоннажности, неледového класса, в период зимней навигации важнейшей задачей является понимание

ледовой обстановки в районе работ. Следует заранее изучить климатические сведения о ледовой обстановке в интересующем районе, используя соответствующие пособия и логии, например, [1], и текущие ледовые условия, полагаясь на оперативные данные специалистов и ледовые карты.

Охотское море, располагаясь в высоких широтах, окруженное со всех сторон материком и островными территориями, является самым ледовитым из дальневосточных морей. В отдельные, наиболее суровые сезоны, море может почти полностью покрываться льдом, лишь у Курильской гряды остается узкая полоса чистой воды. В среднем ледовитость моря в период максимального развития ледяного покрова достигает 80 % от общей площади моря. При этом интерес к акватории Охотского моря с точки зрения добычи промысловых видов рыбы на Дальнем Востоке может соперничать лишь с Беринговым морем.

Первый лед в Охотском море обычно появляется в закрытых бухтах северного побережья в конце октября. В начале ноября устойчивое образование ледяного покрова начинается в распресненных частях моря: Амурском лимане, Удской губе, заливах Академии и Тугурском. Затем лед образуется вдоль всего северного побережья [1–3].

В декабре-январе устойчивый ледяной покров формируется в северной и западной частях моря. В это время льдом перекрываются все трассы на подходах к портам, за исключением пролива Лаперуза, который обычно заполняется льдом только к началу февраля. Максимальное покрытие льдом наступает в первой половине марта. К этому времени чистая вода сохраняется только на юго-западе акватории, примерно на 1/5 площади моря.

Разрушение ледяного покрова начинается в апреле, кромка льда постепенно смещается к северу, общая ледовитость моря сокращается. К середине мая ото льда очищается более половины площади моря. В июне встречаются отдельные ледяные полосы вблизи северо-восточного Сахалина, у Шантарских островов, полуострова Лисьянского, в Ямской и Пенжинской губах.

Из года в год имеют место значительные вариации процессов ледообразования и разрушения ледяного покрова, которые во многом зависят от типов атмосферных процессов, преобладающих над акваторией моря и смежными акваториями и территориями.

Развитие ледяного покрова Охотского моря в текущем сезоне представлено на рис. 1 в виде карт концентрации морского льда на каждые 15 и 30 число месяца ледового сезона. Данные заимствованы с веб-сайта Управления космических технологий I Японского агентства аэрокосмических исследований (JAXA): <https://Sea Ice Distribution in the Sea of OkhotskLarger Image Page-JAXA EORC> [4]. Дополнительные сведения о развитии ледовых и атмосферных процессов получены с ресурсов [5–6].

На приведенных на рис. 1 изображениях показана концентрация (или сплоченность) морского льда, рассчитанная на основе спутниковых данных, полученных с помощью микроволнового сканирующего радиометра AMSR2. AMSR2 на борту спутника GCOM-W представляет собой прибор дистанционного зондирования для измерения слабого микроволнового излучения с поверхности и атмосферы Земли. С высоты около 700 км над Землей AMSR2 выполняет высокоточные измерения интенсивности микроволнового излучения и рассеяния.

Сплоченность морского льда – это отношение ледяного покрова на единицу площади. Площадь открытой воды составляет 0 %, а полное покрытие морским льдом – 100 %.

В текущем ледовом сезоне, полагаясь на данные [4–6], ледяной покров начал устанавливаться в сроки, незначительно отличающиеся от климатических, с небольшим дефицитом площадных характеристик.

В начале декабря 2021 г., в период наиболее активного формирования ледяного покрова, на фоне отрицательных температур (–15...–10 °С) продолжался процесс ледообразования на севере, северо-востоке и западе Охотского моря, в том числе в Амурском лимане. На севере Охотского моря, в западной и центральной части Пенжинской губы залива Шелихова наблюдался сплоченный и очень сплоченный молодой и ниласовый лед. Западная часть Пенжинской губы была покрыта припаем, преимущественно из молодого льда. Вдоль восточного побережья Пенжинской губы отмечались начальные виды льда и нилас высокой сплоченности.

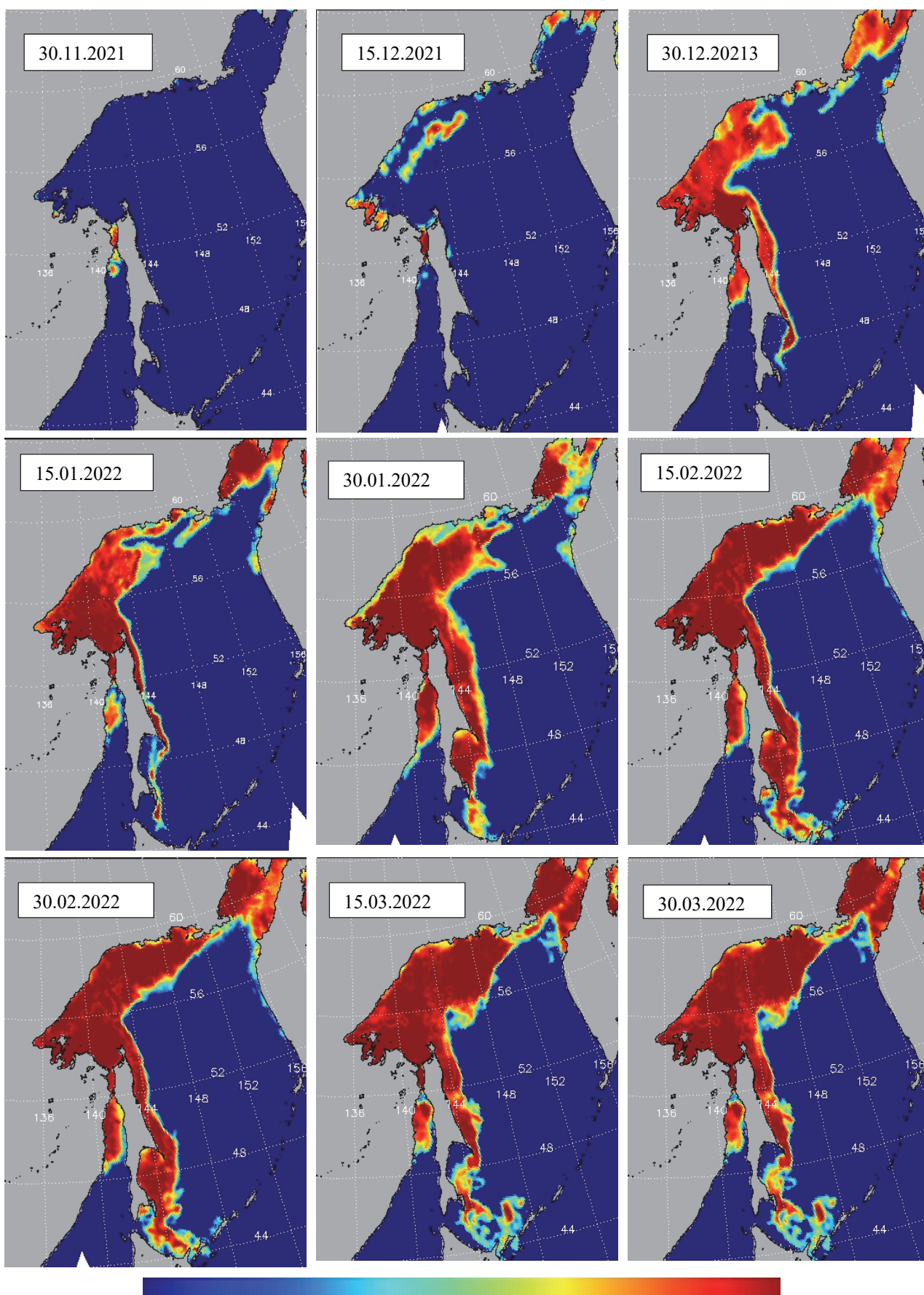


Рисунок 1 – Концентрация морского льда в Охотском море в текущем ледовом сезоне 2021–2022 г.
(Sea Ice Distribution in the Sea of Okhotsk Larger Image Page-JAXA EORC)

Процессы ледообразования активизировались в бухте Нагаева, на севере Тауйской губы и в заливе Одян, вдоль всего восточного побережья материка и в Амурском лимане. На подходах к мелким бухтам и заливам восточного побережья материка наблюдались «языки» начальных и ниласовых видов льда сплоченностью 8–10 баллов. В центральной части Тугурского залива имели место наслоения молодого льда сплоченностью 9–10 баллов. Продолжался процесс ледообразования на севере Татарского пролива, в Амурском лимане и проливе Невельского. Акватория Амурского лимана была покрыта начальными видами льда, ниласовым и молодым льдом сплоченностью 8–10, заснеженностью 2–3 балла и торосистостью 4–5 балла. Толщина льда в этом районе (по данным ГМС Погиби) на 29 ноября достигла 20 см.

В начале января 2022 г. на севере Охотского моря, в Пенжинской губе и заливе Шелихова преобладал тонкий однолетний лед сплоченностью 9–10 баллов. Залив Переволочный и бухта Внутренняя Ямской губы были покрыты тонким однолетним льдом. Мористее акватория Ямской губы была занята белыми молодыми льдами высокой сплоченности. В вершинах залива Одян, бухт Гертнера и Нагаева наблюдался малоподвижный серый лед. Активное образование ледяного покрова продолжалось на западе, северо-западе акватории Охотского моря. Здесь сформировался тонкий однолетний лед сплоченностью 9–10 баллов. В Удской губе преобладали ниласовый и молодой лед такой же сплоченности. Продолжался процесс ледообразования на юге Сахалинского залива, в Амурском лимане и проливе Невельского с преобладанием тонкого однолетнего льда.

Постепенно под воздействием как выхолаживающего эффекта, так и общей циркуляции атмосферы и поверхностных течений ледяной покров с северо-западной части моря распространялся на юг, вдоль восточного побережья о. Сахалин. В восточной половине моря ледяной покров продолжал формироваться вдоль побережья Камчатки, при этом процесс значительно отставал от среднего многолетнего сценария. В центральной части восточной половины моря благодаря интенсивному поступлению теплых воздушных масс с юга, юго-востока с циклонами, выходящими по крутым южным траекториям [6], образовалась обширная область, свободная ото льда.

В начале февраля 2022 г. ледовая обстановка была следующей. Центральная часть Пенжинской губы залива Шелихова была покрыта тонким однолетним льдом. На выходе из Пенжинской губы и на востоке Гижигинской губы наблюдалась зона сплоченных вострошенных тонких однолетних и молодых льдов, чему способствовали сильные приливные течения и процессы сжатия. На подходах к Ямской губе сформировался пояс сплоченного льда с повышенной торосистостью, преобладали формы тонкого и среднего однолетнего льда. Кромка дрейфующих ниласовых льдов в заливе Шелихова достигла $58^{\circ}50'$ с. ш. Вдоль западного побережья Камчатки протянулась узкая полоса из битого молодого и ниласового льда, сплоченностью до 9–10 баллов. К середине февраля на севере Тауйской губы наблюдались ниласовые и молодые льды, высокой сплоченности. Южнее – зона наслоенных молодых и ниласовых льдов, перекрывающая подходы к порту Магадан. В прибрежной северо-западной части Охотского моря отмечались слабовострошенные ледяные поля молодого и однолетнего льда, постепенно вытягивающиеся на юг, в центральную часть моря. Кромка дрейфующих начальных и ниласовых видов льда продвинулась к востоку и достигла 148° в. д. В Сахалинском заливе наблюдались уже тяжелые наслоения тонкого и средней толщины однолетнего льда, сплоченностью 9–10 баллов. Амурский лиман и залив Северный были покрыты припаем с преобладанием однолетнего льда средней толщины. На севере Татарского пролива – ледяные поля дрейфующего льда, ниласовых форм и молодого льда. Толщина припайного льда в этом районе, по состоянию на 08 февраля 2022 года – 67 см. Вдоль восточного побережья Сахалина наблюдались наслоения ниласового, серого и серо-белого однолетнего льда, вынесенного со стороны Шантарских островов. В заливах Терпения и Анива преобладали местные ниласовые и молодые льды сплоченностью 9–10 баллов. Южная кромка дрейфующего ниласового и молодого льда сплоченностью 8–10 баллов протянулась до северного побережья острова Хоккайдо и Южным Ку-

рилам. Сравнение ледовых карт текущего сезона и климатических показывает, что ледовитость Охотского в первой декаде февраля 2022 г. была меньше нормы примерно на 26 %.

В середине марта, в этот период обычно наступает пик ледовитости, в 2022 г. погодные условия по-прежнему не способствовали активному ледообразованию. На акваторию Охотского моря циклоны выходили с юга и юго-востока, способствуя выносу теплого тихоокеанского воздуха. В результате чего ледовитость моря едва достигла 54 %, против 74, положенных по среднему многолетнему сценарию. Однако процессы ледообразования продолжились на северо-западе, западе и центральной части Охотского моря. В центральной и юго-западной частях залива Шелихова наблюдался пояс тяжелых, наслоенных молодых и однолетних льдов, вынесенных из вершины Пенжинской и центральной части Гижинской губ. На подходах к Ямской губе наблюдались сильновосторошенные, поджатые, очень сплоченные однолетние и молодые льды. Кромка дрейфующих ниласовых и молодых льдов, вынесенных из залива Шелихова, спустилась к 56° с. ш. На северо-западе и в центральной части Охотского моря наблюдались ниласовые, серые, серо-белые тонкие льды, сплоченностью до 8–10 баллов. В Охото-Шантарском районе преобладали очень сплоченные сильно восторошенные однолетние и средние льды, которые выносились к восточному побережью острова Сахалин. Акватория Амурского лимана оставалась покрыта припаем. Вдоль восточного побережья острова Сахалин отмечались наслоенные ниласовые, молодые тонкие однолетние и средние льды, вынесенные из Шантарского района, высокой сплоченности. На севере заливов Терпения и Анива – чистая вода. Сплоченные и очень сплоченные молодые льды с преобладанием тонких однолетних видов спустились вдоль Сахалина к 45° с. ш. На юге акватории кромка ниласовых, серых, серо-белых льдов сплоченностью 7–8...9–10 баллов протянулась к северному побережью острова Хоккайдо. Накопившийся лед вблизи южных островов Курильской гряды через проливы продолжал выноситься в Тихий океан. На восточных подходах к проливу Лаперуза – свободно ото льда. По сравнению с климатическими картами, льда было очень мало, в том числе меньше обычного было и тяжелых видов льда, являющихся основным препятствием для морских судов.

На рис. 2 представлен график ледовитости Охотского моря по декадам в текущем сезоне с декабря 2021 г. по март 2022 г. включительно и климатические данные, полученные в результате усреднения средних многолетних значений ледовитости за 1971–2000 гг. [5].

Из рис. 2 следует, что ледовый сезон в Охотском море был мягким, а в период максимального развития – чрезвычайно мягким. Дефицит площади льда по отношению к климатическим данным в декабре составлял 3–6 %, в январе – 11–19 %, а в феврале и марте достигал 22–27 %.

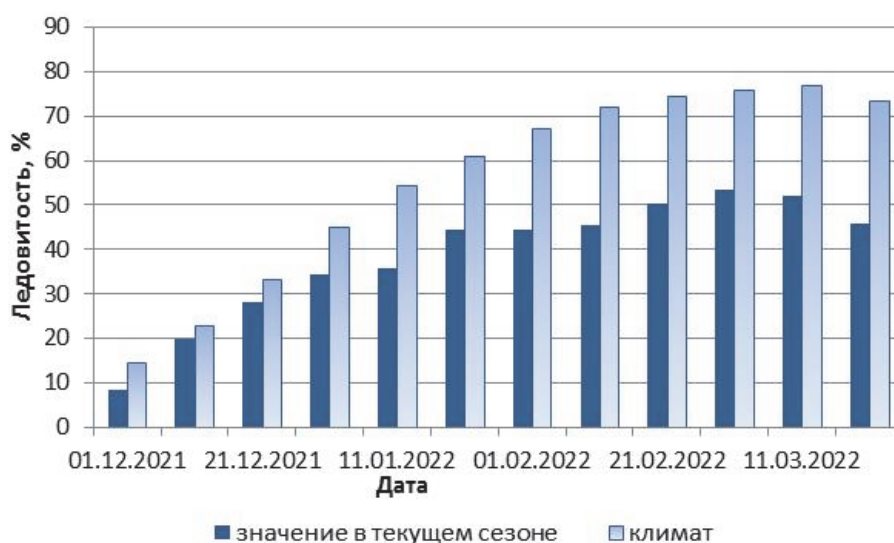


Рисунок 2 – Ледовитость Охотского моря в текущем ледовом сезоне 2021–2022 гг. в сравнении с климатическими данными (средними многолетними за период 1971–2000 гг.)

Библиографический список

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9 (Охотское море). Вып. 1 (Гидрометеорологические условия) / под ред. Б.Х. Глуховского, Н.П. Гоптарева, Ф.С. Терзиева. СПб.: Гидрометеоздат, 1998. 342 с.
2. Плотников В.В. Изменчивость ледовых условий дальневосточных морей России и их прогноз. Владивосток: Дальнаука, 2002. 172 с.
3. Якунин Л.П. Атлас ледовитости дальневосточных морей СССР. Владивосток: ПУГМС, 1987. 80 с.
4. Архив ледовых карт [Электронный ресурс]. URL: <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/cgi-bin/adeos2/seaice/seaice.cgi> (дата последнего обращения: 15 апреля 2022 г.).
5. Ледовые карты // Материалы ФГБУ НИЦ «Планета» [электронный ресурс]. URL: <http://planet.iitp.ru/> (дата последнего обращения: 15 апреля 2022 г.).
6. Ежемесячный гидрометеорологический бюллетень ФГБУ «ДВНИГМИ» [Электронный ресурс]. URL: <http://ferhri.org/napravleniya-rabot/proekty/2017-07-28-00-41-16.html> (дата последнего обращения: 15 апреля 2022 г.).

Иван Владимирович Ашов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-212, Россия, Владивосток, e-mail: pillers@mail.ru

Научный руководитель – Екатерина Евгеньевна Соловьева, старший преподаватель

Анализ аварийности судов по причине столкновений

Аннотация. Статистика свидетельствует о стабильной тенденции роста числа аварий. Первое место среди всех видов аварийных происшествий занимают столкновения судов (20 %). Главной причиной, влияющей на аварийность в мореплавании, является человеческий фактор. Исследования показали, что 77 % аварийных ситуаций, происходящих на морском флоте, связаны с человеческими ошибками, независимо от причины аварии. Около 9 % аварий возникает в результате действий непреодолимой силы, около 14 % – из-за технического несовершенства судов и внезапных поломок судового оборудования.

Ключевые слова: судно, авария, безопасность судоходства.

Ivan V. Ashov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-212, Russia, Vladivostok, e-mail: pillers@mail.ru

Scientific adviser – Ekaterina E. Soloveva, Senior Lecturer

Analysis of the accident rate of ships due to collisions

Abstract. Statistics show a stable trend of increasing the number of accidents. The first place among all types of accidents is occupied by ship collisions (20%). The main reason affecting the accident rate in navigation is the human factor. Studies have shown that 77% of accidents occurring in the navy are associated with human errors, regardless of the cause of the accident. About 9% of accidents occur as a result of force majeure, about 14% due to technical imperfections of ships and sudden breakdowns of ship equipment.

Keywords: ship, accident, safety of navigation.

За последние десять лет количество аварий на морском флоте снизилось. Но, поскольку размер и вместимость судов за последние 50 лет увеличились на 1500 %, то даже одно такое происшествие, как столкновение самого обычного танкера с каким-либо объектом с дальнейшим разливом нефтепродуктов, может иметь катастрофические и долгосрочные последствия для морской экосистемы, окружающей среды и мировой экономики.

Аварии на морских судах являются очень сложными, все они вызваны большим сочетанием событий и процессов, которые зачастую приводят к гибели людей, утрате судна, экологическим и экономическим проблемам.

Огромное количество исследований указывает, что человеческий фактор является основной причиной морских аварийных ситуаций, что поднимает много вопросов, которые остаются без ответа о наилучшем способе предотвращения катастрофической человеческой ошибки в морских реалиях.

В 2021 г. на водном транспорте произошло 70 аварий, на 9 аварий (15 %) больше, чем в 2020 г.

Данное количество происшествий можно разделить на 5 категорий, в каждой категории указаны причины аварий:

1. Навигационные – 22.

Причины:

- несоблюдение общепринятых приёмов и способов управления судном в ледовых условиях;
- ненадлежащая организация безопасной ходовой навигационной вахты.

2. Технические – 27.

Причины:

- несоблюдение правил технической эксплуатации морских судов;
- несоблюдение правил технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций;
- несоблюдение правил пожарной безопасности.

3. Гибель человека – 17.

Причины:

- несоблюдение правил техники безопасности при рыбопромысловых и швартовых операциях;
- несоблюдение правил техники безопасности при работе в закрытых помещениях;
- несоблюдение правил техники безопасности при водолазных работах.

4. Получение тяжких телесных повреждений – 2.

Причины:

- несоблюдение правил техники безопасности при швартовых операциях.

5. Потеря буксируемого объекта – 2.

Причина:

- потеря остойчивости и непотопляемости из-за неконтролируемого поступления забортной воды в корпус буксируемого объекта.

Из 70 аварий только 5 связаны со столкновениями судов, и все они находятся в первой категории (Навигационные).

Проанализировав все категории, можно сделать вывод, что почти все причины напрямую зависят от человеческого фактора и являются следствием невыполнения экипажем и/или судовладельцем нормативных документов, регламентирующих безопасность мореплавания.

Человеческий фактор – это последствия, сосредоточенные на отдельных действиях, приводящих к ошибкам, возникающим в результате преднамеренных действий, отклонения от выполнения действия, промаха или человеческого беспокойства, которое приводит к аварии.

Именно человеческие ошибки являются основной причиной аварийности судов в море. Но человеческий фактор не ограничен одним экипажем судна, так, отказ судового оборудования может быть связан с плохим проектированием конструкций или экстремальными погодными условиями, повлекшими аварию, с ошибочным прогнозированием гидрометеостанций.

При изучении человеческого фактора есть много причин, но, как правило, на производительность человека влияет его связь с работой, организацией, культурной средой, в которой он работает, и окружающей средой. В море невозможно переоценить важность работы отдельных членов экипажа, которую они выполняют, и вовлечения их в развитие безопасности на борту. Новые технологии, которые призваны снизить нагрузку на моряков и повысить безопасность, не всегда позволяют достичь желаемого эффекта.

Даже при хорошей подготовке моряков необходимые навыки быстро исчезают. Таким образом, с любым оборудованием отношения между человеком и машиной должны быть

правильно продуманы. Профессиональная подготовка должна быть адекватной для обеспечения того, чтобы моряки понимали технологии, но при этом необходимо также уделять особое внимание полному ознакомлению с эксплуатацией оборудования, фактически находящегося на борту, если мы хотим достичь компетентности.

Тщательное изучение инцидентов и последующее расследование имеют важное значение для улучшения ситуации. Выявленные причины должны использоваться для совершенствования процедур и восполнения любого пробела в навыках.

По мнению экспертов по безопасности на море, судоходные компании, стремящиеся повысить безопасность, должны: создать программы подготовки экипажей в электронных картографических и информационных системах; уделять больше внимания подготовке и переподготовке по вопросам управления ресурсами, включая реалистичные сценарии:

- обмен опытом, извлеченным из инцидентов, на конференциях экипажей и на борту судна для выявления и обсуждения всех факторов, которые способствовали инциденту, а не только одной основной причины;
- создание культуры организационного обучения, чтобы делиться «близкими промахами» и навыками других;
- сочетание использования технологий и человеческого опыта.

В то время как морская отрасль эффективно применяет технологии для снижения эксплуатационных расходов и рисков, человеческому фактору только начинает уделяться сопоставимое внимание. В результате дальнейшее повышение безопасности и производительности все больше зависит от учета человеческого фактора и его связи с морскими авариями.

Если предположить, что судно хорошо оборудовано и хорошо обслуживается, безопасная эксплуатация зависит от трех человеческих факторов: индивидуальной производительности, внимательности и бдительности. В то время как производительность и внимательность могут в значительной степени контролироваться морскими операторами, бдительность почти полностью является обязанностью членов экипажа. Ключ к человеческой бдительности: важность понимания, что заставляет людей быть бдительными. Есть девять факторов, которые контролируют бдительность человека. К ним относятся:

- Умственная активность или чувство опасности.
- Мышечная активность.
- Время суток на циркадных часах (цикл сна–бодрствования человека).
- Количество сна в предыдущие дни.
- Проглоченная пища, лекарства и другие вещества.
- Уровень освещения.
- Температура.
- Звук, шум.
- Аромат

Отсюда следует, что человеческий фактор зависит и от бдительности человека.

Для более подробного раскрытия темы мы рассмотрим пример столкновения рыболовного судна «АМУР» с рыболовным судном «НОККО MARU-8». 26.05.2021 в 08:30 в Охотском море средний рыболовный траулер морозильный «АМУР» на переходе из порта Корсаков в порт Момбецу (Япония) в условиях ограниченной видимости столкнулся с маломерным рыболовным судном «НОККО MARU-8» (флаг Япония).

В результате столкновения маломерное рыболовное судно «НОККО MARU-8» перевернулось, но осталось на плаву, экипаж оказался за бортом. После проведения СРТМ «АМУР» поисково-спасательной операции 5 человек экипажа маломерного рыболовного судна «НОККО MARU-8» были подняты на борт СРТМ «АМУР», трое из них оказались без признаков жизни.

Причинами данной аварии являются:

- полное отсутствие вахтенной службы (вахтенного помощника капитана) на ходовом

мостике «НОККО MARU-8»;

- отсутствие должной организации ходовой навигационной вахты на СРТМ «АМУР»;
- полное отсутствие радиолокационного и слухового наблюдения на «НОККО MARU - 8» в условиях ограниченной видимости;
- отсутствие надлежащего радиолокационного наблюдения на СРТМ «АМУР»;
- невыполнение на «НОККО MARU-8» требования МППСС-72 о периодической подаче звуковых сигналов при ограниченной видимости;
- движение СРТМ «АМУР» с небезопасной скоростью в существовавших условиях ограниченной видимости.

Обоими судами было нарушены правила МППСС-72. Это свидетельствует о том, что человеческий фактор является основной причиной данной аварии.

Таким образом, можно сделать вывод, что основной причиной столкновения судов является человеческий фактор, это также подтверждает статистика.

Библиографический список

1. <https://www.researchgate.net/>.
2. Flot.com.
3. <http://shipsbusiness.com/>.
4. <https://seanews.ru/>.
5. Анализ и состояние аварийности (rostransnadzor.gov.ru).

Иван Владимирович Ашов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-212, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Виктор Павлович Щербатюк, старший преподаватель

Правовое обеспечение безопасности мореплавания

Аннотация. Рассмотрены различные толкования термина «безопасность».

Ключевые слова: понятие, безопасность, правила, мера, конвенция, акт, фактор, администрация, авария.

Ivan V. Ashov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-212, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Viktor P. Shcherbatyuk, Senior Lecturer

Legal provision of navigation safety

Abstract. The term "security" has different interpretations. In the Russian Security Law of 1992, the concept of security is interpreted as "the degree of protection of an individual from external and internal circumstances." freedom from unacceptable danger."

Keywords: concept, safety, rules, measure, convention, act, factor, administration, accident.

Термин «безопасность» имеет различные толкования. В Законе о безопасности России 1992 г. понятие безопасности трактуется как «степень защищенности личности от внешних и внутренних обстоятельств», «свобода от неприемлемой опасности».

Для предупреждения и предотвращения таких случаев необходимо соблюдать принципы равновесия, которые формулируются в теоретических правилах и хорошей морской практике, с учетом поведения моря и судна; а также определять порядок профессиональной деятельности человека.

Абсолютная безопасность не может быть достигнута, но оптимальный риск может быть достигнут при минимальном риске. Согласно Морскому энциклопедическому справочнику безопасность – это безопасность жизни и имущества людей на море, которая обеспечивается системой национальных и международно-правовых мер технического, организационного, социального и правового характера.

Одним из важнейших аспектов обеспечения безопасности судоходства является развитие культуры безопасности и управления безопасностью.

Существует три аспекта управления безопасностью: технический аспект, человеческий фактор и социотехнический.

Технический предполагает поиск технических решений по повышению уровня технической безопасности, в том числе разработку норм и правил, регламентирующих ее уровень (классификационные общества разных стран разрабатывают стандарты прочности корпуса).

Второй аспект – человеческий фактор, по статистике он имеет решающее значение, так как 75 % аварий происходит по вине человека. Поэтому особое внимание следует уделять

подготовке моряков, которая начинается с их тренировочного процесса. На этом раннем этапе становления специалиста может формироваться культура безопасности.

Социально-технический аспект состоит из взаимоотношений персонала и техники, взаимодействия двух подсистем – социальной и технической.

Безопасность мореплавания – это система защиты морских судов от риска потери мореходных качеств под воздействием опасных для судоходства факторов, а также защита жизни людей на море, защита природной среды и искусственных сооружений на море от неблагоприятных взглядов.

Обеспечение безопасности мореплавания – это совокупность различных мероприятий, направленных на обеспечение живучести и надежности судна с целью достижения необходимого уровня защиты жизни и здоровья человека в процессе осуществления деятельности, связанной с мореплаванием, судна, груза, т.е. материальных ценностей, а также среда, в которой выполняются различные требования.

Таким образом, безопасность на судах включает в себя: высокую профессиональную подготовку экипажа; подготовку личного состава и судна к выходу в море; техническое обслуживание всех судовых систем, предназначенных для обеспечения движения (маневрирования) судна, связи и борьбы за выживание судна; навигационные карты, различные путеводители и руководства, которые должны быть составлены на современном уровне гидрометеорологических и навигационно-гидрографических условий в районе плавания; четкая организация службы наблюдения, службы навигации, службы связи; бдительность в часы плавания; строгое выполнение всех правил мореплавания и Международных правил предупреждения столкновений судов; высокая точность плавания, особенно при подходе к навигационным опасностям; контроль и знание параметров безопасности плавания; учет навигационных и гидрометеорологических условий плавания.

Оснащение морских вод постоянными и временными средствами навигационного ориентирования – маяками, знаками, наземными станциями радиолокационных систем, буями, дымовыми трубами и ступенями – осуществляет Управление навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации (Унио МО РФ).

Исходя из вышесказанного, навигационная безопасность – это очень широкое понятие, которое включает в себя безопасность судна, жизнь человека на море, безопасность судоходных путей и окружающей среды, а также эксплуатационную безопасность. Поэтому безопасность мореплавания может быть определена как система защиты морских судов от угрозы их потери в море, так как при воздействии опасных для мореплавания факторов, а также при защите человеческой жизни на море, в море возможна защита окружающей среды и искусственных сооружений от неблагоприятных воздействий.

Вопрос безопасности является важным и наиболее актуальным в истории мореплавания. Аварии и инциденты на море приводят к человеческим жертвам и наносят непоправимый ущерб окружающей среде. Чтобы избежать столь тяжелых последствий для государства, судам под его флагом приходится принимать различные меры, способствующие обеспечению безопасности судоходства.

Началом формирования международно-правовой системы обеспечения безопасности мореплавания можно считать Лондонскую международную конференцию, на которой 20 января 1914 г. была принята, но не вступила в силу международная Конвенция об охране человеческой жизни на море. Следующие конференции состоялись в 1929, 1948, 1960 и 1974 гг., они были направлены на обеспечение безопасности судоходства с учетом достигнутого научно-технического прогресса.

Настоящая Конвенция устанавливает обязанность каждого государства принимать все необходимые меры, направленные на обеспечение безопасности судов на море.

Это положение закреплено и в других международно-правовых актах, например, в соответствии со статьей 94 Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. каждое государство в отношении судов под своим флагом должно принимать меры по обеспечению безопасности на море, а именно: а) строительство, оборудование и пригодность судов к плаванию; б)

привлечение экипажей судов, организация трудовой деятельности и т.п. условий и подготовки с учетом действующих международных документов; в) использования сигналов, поддержания связи и предотвращения конфликтов.

Основным нормативным актом, относящимся к данной группе норм, является принятая 7 июля 1978 г. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДМНВ-78/95).

Суть положений настоящей Конвенции заключается в том, что каждый моряк, будь то капитан, член командного состава или рядовой, имеет право работать на судне, если оно полностью соответствует установленным требованиям по состоянию здоровья, возрасту и квалификации.

Квалификационные требования к морякам по ПДМНВ делятся на 7 различных направлений:

1) судовождение; 2) управление судовыми операциями и уход за людьми на судне; 3) обработка и размещение груза; 4) электрооборудование, электронное оборудование и системы управления; 5) судовые механические устройства; 6) радиосвязь; 7) техническое обслуживание и ремонт.

В 1981 г. Ассамблея ИМО рекомендовала иметь на судах свидетельство о минимальном составе экипажа, в котором указывалось количество членов экипажа, обеспечивающих безопасность. При осуществлении портового контроля за иностранными судами правительство должно проверить соответствие экипажа свидетельству о минимальном составе экипажа, чтобы подтвердить, что судно оснащено экипажем, обеспечивающим его безопасность. В этой справке должно быть указано количество членов экипажа и подтверждена их квалификация.

Согласно положениям Конвенции лица, работающие в судах, независимо от места работы, должны пройти предварительную подготовку по методам обеспечения личной жизни и личной безопасности, противопожарного контроля и оказания первичной первой медицинской помощи.

В 1993 г. Ассамблеей ИМО был принят международный кодекс по управлению безопасной работой судов и предотвращению загрязнения (МКУБ).

Целью кодекса является обеспечение безопасности мореплавания, предотвращение несчастных случаев, гибели людей, причинения вреда окружающей среде, морской среде и имуществу.

В соответствии с этим предприятие должно: обеспечивать конструктивно-техническую, технологическую и экологическую безопасность судов и проводить в связи с этим соответствующую политику; обеспечивать суда и береговые подразделения квалифицированными кадрами, способными принимать эффективные меры в случае потенциальной чрезвычайной ситуации, т.е. при реализации кадровой политики; создавать условия для обеспечения заинтересованности персонала в обеспечении безопасности.

Кроме того, на предприятии должен быть установлен контроль за безопасной работой судов, который включает в себя: отчет о выявленных несоответствиях стандартам и мерах по их устранению; проведение плановых аудиторских проверок и анализ состояния безопасности, предложения по корректировке системы управления безопасностью.

Конвенция о грузовой марке 1966 г. служит важнейшим нормативным документом, предусматривающим правовую гарантию необходимого уровня технического состояния судна, устанавливающим основные принципы и правила в отношении предельной загрузки судна. Суда, подпадающие под действие этой Конвенции, могут выходить в море только в том случае, если они были проверены, у них была товарная марка, им был присвоен товарный знак, и им был выдан международный сертификат товарного знака.

Система обеспечения безопасности плавания включает в себя правила, регулирующие движение судов. Конвенция ООН по морскому праву 1982 г.: прибрежное государство принимает законы и правила, регулирующие движение судов, защиту трубопроводов, кабелей и средств навигации.

Международным документом, определяющим порядок расследования чрезвычайных ситуаций на море, является Кодекс международных стандартов и рекомендованная практика расследования морского происшествия или инцидента, принятая решением Резолюцией комитета по безопасности на море от 16.05.2008. Кодекс подразделяет аварийные случаи на аварию и инцидент на море.

В случае аварии: смерть человека или серьезный физический ущерб; потеря человека с судна; смерть, предполагаемая смерть или уход с судна; повреждение судна; посадка судна на грунт или лишение его возможности двигаться или участие в столкновении; повреждение морской инфраструктуры за пределами судна, создающее серьезную угрозу безопасности самого судна, другого судна или человека или нанесение серьезного ущерба окружающей среде или нанесение серьезного ущерба окружающей среде, нанося ущерб судну или судам.

Важным правовым механизмом обеспечения безопасности на море является трудовая Конвенция о морских перевозках (CTMS/MLC), принятая международной организацией труда в Женеве 23 февраля 2006 г.

Настоящая Конвенция устанавливает минимальные требования к труду моряков, определяет условия их труда, устанавливает требования к местам проживания, условиям отдыха, питанию, охране здоровья моряков.

Значение данной Конвенции заключается в создании достойных условий труда моряков и создании условий для добросовестной конкуренции, что является необходимым условием обеспечения безопасности мореплавания.

Статья 53 КТМ РФ устанавливает требования к численности экипажа каждого судна, его квалификации, которые должны обеспечивать безопасность плавания судна, охрану морской среды; соблюдение режима рабочего времени на судне; предотвращение перегрузок членов экипажа судна работой, а также предусматривает получение справки о минимальном составе экипажа.

Согласно ст. 54 КТМ РФ членом судового экипажа может быть лицо, имеющее диплом и квалификационный аттестат, установленные положением о дипломировании членов судового экипажа, выданный капитаном морского порта в соответствии с требованиями к возрасту, стажу работы, профессиональной подготовке, состоянию здоровья судового экипажа.

В соответствии со ст. 62 КТМ РФ прямой обязанностью капитана судна является оказание помощи любому лицу, терпящему бедствие на море, если у него есть возможность сделать это без серьезной опасности для своего судна и находящихся на нем людей, в противном случае, капитан несет уголовную ответственность за непредоставление ему помощи, если он может это сделать без серьезной опасности для своего судна и людей на нем, не оказать помощь какому-либо лицу при катастрофе на море.

Капитаны морских портов действуют на основании приказа Министерства транспорта Российской Федерации от 17 февраля 2014 г. № 39 «Об утверждении Положения о капитане морского порта».

В соответствии со ст. 11 Закона о морских портах (по состоянию на 27.12.2018) капитан морского порта обеспечивает безопасность плавания и стоянки судов в водах морского порта; информирует федеральные органы исполнительной власти о рисках совершения или совершения незаконного вмешательства в морском порту в компетентные органы по безопасности на транспорте и обеспечивает соблюдение и др.

Важным правовым инструментом обеспечения безопасности в России является приказ Минтранса РФ от 8 октября 2013 г. N 308 «Об утверждении Положения о расследовании несчастных случаев или происшествий на море».

В соответствии с Положением основной целью расследования морских аварий и происшествий является выявление причин возникновения чрезвычайных ситуаций и выработка рекомендаций по их предотвращению в будущем.

Экстренное расследование включает в себя сбор и анализ доказательств, выявление причин, подготовку соответствующих рекомендаций по предотвращению подобных чрезвычайных ситуаций в будущем.

В соответствии с регламентом чрезвычайные ситуации подразделяются на несчастные инциденты, аварии и очень серьезные аварии.

Происшествие расследуется в следующих случаях: судно было повреждено и не потеряло своих мореходных качеств; корабль сел на мель и находился на нем 24 ч и менее; произошел сдвиг груза, перевозимого судном, и это не привело к потере судном своих мореходных качеств; судно потеряло возможность двигаться в течение 24 ч и менее; сети на руле или гребном винте.

Происшествие расследуется в следующих случаях: смерть лица, непосредственно связанного с эксплуатацией судна; причинение тяжкого вреда здоровью человека, непосредственно связанного с эксплуатацией судна; потери человека с судна; повреждение судна, повлекшее кораблекрушение; замена груза, перевозимого судном, что привело к утрате судном его мореходных качеств; посадки судна на мель и нахождение на мели более 24 ч; повреждение объектов морской инфраструктуры вне судна, которое может серьезно поставить под угрозу безопасность судна, другого судна или лица или безопасность судоходства; причинение серьезного вреда окружающей среде или причинение серьезного вреда окружающей среде.

Расследуется в случае очень серьезного происшествия: гибели судна; гибели двух и более лиц, непосредственно связанных с эксплуатацией судна; гибели судна или другого плавучего объекта, перевозимого судном; причинения очень серьезного ущерба окружающей среде, в том числе в результате разлива и повреждения более 500 т нефти или нефтепродуктов, вызванный повреждением судна или судов.

При проведении внеплановой проверки Ространснадзор имеет право беспрепятственно посещать суды, береговые организации, допрашивать свидетелей, запрашивать любую информацию.

Положением устанавливаются сведения, которые должны содержаться в аварийном извещении, перечне материалов и документов, которые судовладелец должен направить в Ространснадзор в течение 10 рабочих дней со дня получения извещения о чрезвычайной ситуации.

Кроме того, Ространснадзором устанавливается шестидневный срок следствия по факту аварии или очень серьезного происшествия.

В заключении содержится следующая информация: дата, место окончания расследования; фамилии, имена и отчества лиц, проводивших расследование; информация о рейсе судна, об отнесении аварийного случая к инциденту, аварии или очень серьезной аварии; вид, дата, время и место аварийного случая; географические координаты аварийного случая; информация о судне (название, флаг, номер ИМО, порт и номер регистрации), место и год постройки; информация о судовладельце; подробная информация о судне, об освидетельствовании судна; перечень и сроки действия документов, выданных судну; последствия аварийного случая; результаты расследования аварийного случая (условия, причины, рекомендации).

В результате изучения международно-правовых норм, обеспечивающих безопасность мореплавания, государства активно сотрудничают в области обеспечения безопасности мореплавания, разрабатывая правовые нормы и правила в области проектирования, строительства, судовождения, спасания на море, подготовки и дипломирования моряков, расследования аварий и происшествий на море, а также осуществлять контроль за выполнением и соблюдением вышеуказанных правил и нормативов.

Развитие науки и техники, увеличение размеров морских судов, повышение интенсивности судоходства и другие факторы требуют повышенного внимания со стороны международного сообщества.

Состояние безопасности на морском транспорте на данный момент желает оставлять лучшего и рассматривается как аварийное.

В 2021 г. на водном транспорте произошло 70 аварий, на 9 аварий (15 %) больше, чем в 2020 г.

В 2021 г. произошло 33 аварии, на 3 аварии (10 %) больше, чем в 2020 г.

В 2021 г. произошло 4 аварии, связанных с гибелью 3 человек и получением тяжких телесных повреждений 1 человеком. В 2020 г. произошло 3 аварии, связанных с гибелью людей и травматизмом, в которых погибло 5 человек, 1 человек был травмирован.

В 2021 г. произошло 37 аварий, на 7 аварий (23 %) больше, чем в 2020 г., из них 16 случаев были связаны с гибелью людей. Погибло 17 человек, на 11 человек меньше (39 %), чем в 2020 г. Тяжкий вред здоровью получил 1 человек, в 2020 г. – 2 человека.

На судах рыбопромыслового флота аварии, связанные с гибелью людей и травматизмом, составили 43 % (16 аварий) от общего количества аварий (37 аварий).

В 2021 г. произошло 20 аварий, связанных с гибелью людей и травматизмом. В этих авариях погибло 20 человек и 2 человека были тяжело травмированы.

В 2020 г. произошло 17 аварий, связанных с гибелью людей и травматизмом. В них погибло 33 человека и 3 человека были тяжело травмированы.

Анализируя аварии и морские происшествия, произошедшие за последние 30 лет, международное морское сообщество постепенно отошло от одностороннего подхода, который отвечал лишь техническим требованиям к конструкции и оснащению судна, и полностью признало роль человеческого фактора в безопасности мореплавания и приступило к его детальному регулированию в составе морской сферы.

В 1996 г. Международная морская организация совместно с Международной организацией труда создала специальную рабочую группу по человеческим факторам, которая подготовила проект Руководства по расследованию человеческих факторов в морских авариях и инцидентах. Но это руководство не было принято в 1997 г. на 70-й сессии Ассамблеи ИМО под названием «Кодекс расследования несчастных случаев и инцидентов на море» (А. 849, постановление 20).

Впоследствии он был одобрен на сессии Комитета по безопасности на море и Комитета по охране морской среды и в окончательном виде принят в качестве решения 71-й сессии Ассамблеи ИМО в качестве резолюции А.884(21) как поправки к упомянутому Кодексу.

Во введении Руководства в п. 1.6 человеческий фактор в целом определен как «действия или упущения, преднамеренные или совершенные иным образом, которые отрицательно сказываются на надлежащем функционировании соответствующей системы или выполнении конкретной задачи».

Данное определение не является исчерпывающим, поэтому необходимо разработать более точное и развернутое определение, которое бы полностью отражало всю суть данного явления.

В связи с чем предлагается заменить определение человеческого фактора, данное в п. 1.6 введения Руководства по расследованию человеческих факторов в авариях и инцидентах на море, следующим определением: «Человеческие факторы, способствующие возникновению морских аварий и инцидентов, могут быть в целом определены как действия или упущения, которые совершаются человеком преднамеренно или иным образом в результате недостатков информационного обеспечения; ограничений, обусловленных проявлениями внешних факторов; ограничений, вызванных физическим и психологическим состоянием и свойствами человека; ограниченности ресурсов поддержки и исполнения принятого решения, и отрицательно сказывающиеся на надлежащем функционировании соответствующей системы или выполнении конкретной задачи».

Документы, такие как ПДМНВ-78/95, СОЛАС-74, Резолюции ИМО А.890(21) («Принципы определения безопасной численности экипажей»); А.772(18) («Факторы усталости при укомплектовании экипажей и обеспечении безопасности») и др., указывают на то, что на море все суда должны быть укомплектованы экипажами в надлежащем числе в целях обеспечения безопасности судна. Резолюция 6 Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты гласит, что Конвенция и Кодекс ПДМНВ являются документами, касающимися стандартов подготовки и дипломирования, они не устанавливают уровней укомплектования судов экипажами, а любое решение, относящееся к уровню укомплектования судов, является обязанностью соответствующих Администраций и собственников судов.

Таким образом, на международном уровне четко не регламентируется численность экипажей судов, а также не определено количество вахт, необходимых для обеспечения безопасности мореплавания.

Учитывая то, что сокращение численности экипажей судов является причиной аварийности на море, предлагается включить в международные конвенции СОЛАС-74, ПДМНВ-78 и др. следующую норму: «На судах вместимостью более 500 т должна быть трехменная вахта и не менее 3 судоводителей, 3 механиков (электромехаников) и 1 радиста, имеющих соответствующие дипломы, а также необходимое число других членов экипажа для обеспечения трехменной вахты».

Исходя из вышесказанного, «человеческий фактор» является фундаментальной проблемой безопасности мореплавания и требует повышенного внимания со стороны мирового сообщества, возникает необходимость совершенствования законодательства для определения минимального воздействия человеческого фактора на аварию Военно-морского флота.

Вопрос безопасности является важным и наиболее актуальным в истории мореплавания.

В результате анализа нормативных правовых актов, регламентирующих обеспечение безопасности судоходства, была достигнута цель исследования, решены поставленные задачи, что позволяет сделать определенные выводы.

В свою очередь обеспечение безопасности плавания – это комплекс различных мероприятий, направленных на обеспечение живучести и надежности судна с целью достижения необходимого уровня защиты жизни и здоровья человека в процессе осуществления деятельности, связанной с судоходством, самого судна, груза, т.е. материальных ценностей, а также на различные требования к окружающей среде.

Суда укомплектованы экипажем в недостаточном количестве, чтобы обеспечивать безопасность мореплавания, так как экипажи судов подвергаются большой нагрузке, что способствует повышению уровня усталости.

Библиографический список

1. Анцелевич А.Г. Международное морское право: учебник. Киев: Слово, 2008. 375 с.
2. Авраменко В.Д., Касаткин П.И. Повышение безопасности мореплавания и причины аварийности морских судов // Вестн. МГТУ. 2013. № 6–4. С. 208–210.
3. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года (СОЛАС/SOLAS-74/78).

Сергей Геннадьевич Белов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-415, Россия, Владивосток, e-mail: attempt2004@mail.ru

Научный руководитель – Елена Георгиевна Булах, доцент

Риски, связанные с использованием ECDIS

Аннотация. Преимущества электронной навигации с точки зрения затрат времени и усилий на этапе оценки и планирования превосходят ожидания судоводителей.

Ключевые слова: ECDIS, ENC, ADMIRALTY (AVCS), PRIMAR.

Sergey G. Belov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVc-415, Russia, Vladivostok, e-mail:
attempt2004@mail.ru

Scientific adviser – Elena G. Bulakh, Associate Professor

Risks associated with the use of ECDIS

Abstract. The advantages of electronic navigation in terms of time and effort spent at the assessment and planning stage exceed the expectations of boatmasters.

Keywords: ECDIS, ENC, ADMIRALTY (AVCS), PRIMAR.

Живя в эпоху цифровых технологий, планировать переход проще и быстрее с помощью ECDIS (русс. аббревиатура ЭКНИС – электронная картографическая навигационно-информационная система). Данная морская навигационно-картографическая система, при определенных условиях, может позволить отказаться от бумажных карт. Для того чтобы быть юридическим эквивалентом бумажных карт, ECDIS (рис. 1) должна быть одобрена по типу в соответствии со стандартом 61174 Международной электротехнической комиссии (МЭК). При судовождении по электронной карте на судне обязательно должна быть резервная система, на которую судоводитель «перейдет» в случае ее отказа.



Рисунок 1 – ECDIS

Резервная система навигации по электронным картам, как и основная система ECDIS, должна соответствовать следующим требованиям:

- возможность изменения содержимого электронной навигационной карты (ENC) должна быть исключена;
- стабильно выдавать предупреждения, если:
 - информация отображается в большем масштабе, чем масштаб в ENC;
 - для местоположения судна существует карта большего масштаба, чем отображаемая на дисплее;
- позволяет работать в режиме истинного движения (ТМ) и менять ориентацию изображения карты «по меридиану». Разрешены другие режимы работы, ориентации изображения;
- для отображения информации SENC необходимо использовать буквы и цифры, размеры символов и цвета согласно требованиям МГО;
- для элементов и параметров навигации необходимо использовать значки и цвета, отличные от символов на карте;
- предоставление информации, необходимой для:
 - выполнения предварительной прокладки и решения дополнительных навигационных задач;
 - ведения исполнительной прокладки;
- информация, считываемая с дисплея, при дневном освещении на мостике четко должна быть видна двум операторам минимум;
- срабатывание дублирующих сигналов тревоги и предупреждения от системы местоопределения;
- используемая система местоопределения и ECDIS должны работать в одной и той же системе координат. В противном случае должен срабатывать сигнал тревоги;
- в случае неисправности системы должна быть обеспечена сигнализация тревоги и индикации;
- количество информации, предоставляемой резервной ECDIS, должно соответствовать, по крайней мере, объему данных стандартной карты;
- должна быть обеспечена возможность регистрации скорости, координат, курса, времени собственного судна с интервалом в 1 мин в течение не реже чем 4 ч;
- используемая в резервной ECDIS картографическая информация должна быть последним изданием, подготовленным уполномоченной гидрографической службой.

Поставщики ADMIRALTY и PRIMAR поставляют официальные коллекции электронных карт, которые создаются на основе международного соглашения.

Служба векторных карт ADMIRALTY (AVCS) (создана в 2008 г.) – это ведущая в мире (фактически 80-90% рынка) официальная цифровая служба морских карт с более чем 17 000 официальных электронных навигационных карт (ENC), отобранных из коллекций гидрографических служб всего мира, а промежутки между зонами их покрытия закрываются специально созданными картами Британского Адмиралтейства. Результатом является глобальное покрытие векторными картами (рис. 2) Мирового океана. AVCS ориентирована на международное коммерческое судоходство и обеспечивает картографическое покрытие 2000 портов мира и маршрутов между ними, которые помогают экипажам мостика безопасно и эффективно осуществлять навигацию, соблюдая требования флага и государства порта.

Еженедельные обновления доступны по электронной почте, через Интернет или на DVD для обеспечения постоянной безопасности и соответствия требованиям.

PRIMAR (основана в 1999 г.) – это международная организация, созданная для предоставления электронных навигационных карт (ENC), и оно осуществляется на некоммерческой основе Норвежской гидрографической службой (NHS) в тесном сотрудничестве с Центром электронных карт AS (ECC).

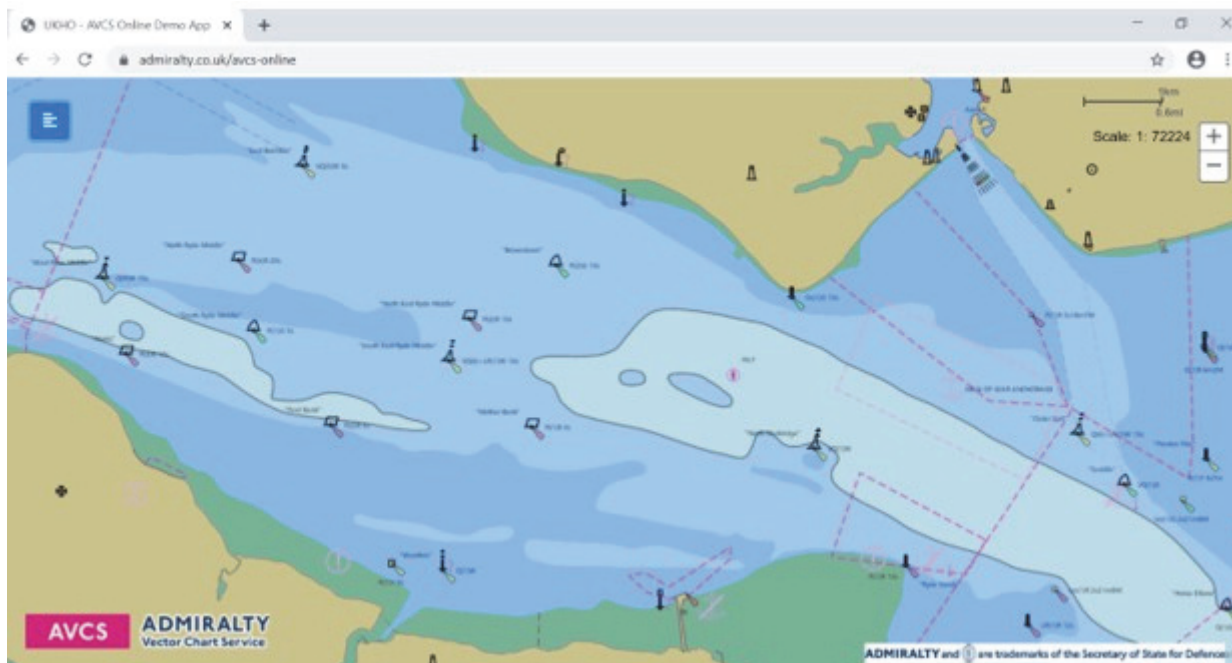


Рисунок 2 – Векторная карта коллекции AVCS

Сервис еженедельных обновлений ENC UKHO включает последние обновления, полученные от соответствующих гидрографических служб. Данные обновления не всегда могут быть синхронизированы с Извещениями мореплавателям и с новыми выпусками, актуальными для национальных бумажных карт. Данные, представленные в ЭНК, могут существенно отличаться от аналогичных данных, представленных в бумажных картах.

Многие производители ENC при возможности включают временные и предварительные Извещения мореплавателям в ячейки. При их отсутствии мореплавателям следует обратиться к релевантным Извещениям мореплавателям, опубликованным в специальных бюллетенях или на сайте конкретного производителя ENC.

Использование электронных систем отображения карт и информации (ECDIS) санкционировано ИМО из-за многих преимуществ, которые они приносят в плане безопасности; к ним относятся автоматическое обновление, проверка маршрута и автоматическое оповещение – и это лишь некоторые из них. Чтобы полностью реализовать потенциал ECDIS, команды мостов должны быть уверены в использовании этих систем. Это означает возможность настраивать параметры безопасности системы, возможность интерпретировать символы ENC и понимать, как различные настройки ECDIS повлияют на отображение ENC.

Библиографический список

1. <https://www.primar.org/>.
2. <https://www.admiralty.co.uk/>.

УДК 656

Максим Русланович Бессараб

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-312, Россия, Владивосток, e-mail: mask.bessarab@gmail.com

Научный руководитель – Виталий Витальевич Ганнесен, доцент

Специальные меры обеспечения навигационной безопасности в узкостях и стесненных водах

Аннотация. Рассмотрены основные правила, которые должны соблюдаться судоводителями, для того чтобы обеспечить навигационную безопасность при плавании в узких участках или стеснённых водах.

Ключевые слова: безопасное маневрирование, безопасность мореплавания.

Maxim R. Bessarab

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-312, Russia, Vladivostok, e-mail:
mask.bessarab@gmail.com

Scientific adviser – Vitaly V. Gannesen, Associate Professor

Special measures to ensure navigational safety in narrow areas and cramped waters

Abstract. In this article, I considered the basic rules that a navigator must follow in order to ensure navigational safety when swimming in narrow areas or cramped waters.

Keywords: safe maneuvering, safety of navigation.

Для того чтобы избежать аварийных ситуаций и маневрирования судна в узкостях или в водах стеснённого характера было максимально безопасно, нужно строго соблюдать необходимые правила. Также необходимо выполнить все мероприятия по подготовке к плаванию в подобных условиях, руководствуясь Cheek list, сделав там соответствующие отметки. Предварительная подготовка обеспечивает успех или же неудачу плавания в узкости.

При плавании в таких условиях судоводитель не располагает необходимым временем для выполнения полного комплекса необходимых действий по обеспечению навигационной безопасности, на которые у него всегда есть достаточно времени в обычных условиях открытого моря. Поэтому при подготовке к плаванию в узких участках и стеснённых водах необходимо сделать все, что может потребоваться для успешного осуществления безопасного плавания судна. Подготовка к плаванию делится на подготовку судоводительского состава и самого судна.

Подготовка судна имеет разносторонний характер и занимает важное место в работе всего экипажа судна. К моменту выхода в море на судне должны быть в наличии таблицы: соответствия скорости хода оборотам движителей для режимов, на которых будет совершаться плавание; радиодевиации; девиации магнитного компаса; циркуляции; инерции; поправок лага; дрейфа.

Если же маневренные элементы судна и поправки лага определялись незадолго до выхода, то на мерном полигоне с выходом в плавание необходимо выполнить несколько контрольных пробегов, для того чтобы убедиться в их достоверности. В случае существенного отличия сведений, содержащихся в РТШ, от результатов контрольных пробегов нужно выполнить все необходимые измерения в полном объеме и составить новые таблицы.

В план подготовки судоводительского состава входит: подбор необходимых карт, руководств и пособий для плавания; подготовка технических средств судовождения; проверка рулевого устройства; изучение района плавания.

При подборе карт, руководств и пособий для района плавания особое внимание необходимо уделить изучению и корректуре наиболее крупномасштабных карт и всех руководств и пособий по району плавания.

При изучении района плавания штурманский состав не должен полагаться одними сведениями, полученными как из официальных, так и неофициальных изданий. Все элементы обстановки, имеющие важное для навигационной безопасности значение, должны быть критически осмыслены, все сведения о них систематизированы, сравнены и сверены с данными разных источников, а в плавании они должны проверяться личными наблюдениями.

При изучении района плавания особое внимание необходимо обратить на наличие фарватеров и рекомендованных курсов, глубины на них; рельеф морского дна и характер донного грунта; наличие естественных ориентиров и возможность их использовать при разных условиях видимости; возможность определения места с повышенной точностью на очень трудных участках; возможность использования РЛС и эхолота для обеспечения навигационной безопасности плавания; гидрометеорологические условия (преобладающие ветры, течения, дальность видимости, колебания уровня моря, образование льда, осадки и их характер); наиболее удобные места для якорных стоянок, хорошо защищенные от волнения и ветра.

Для плавания в узкостях, принадлежащих иностранным государствам или прилежащих к их водам, необходимо изучить район плавания по картам и пособиям этих стран.

В процессе изучения района плавания нужно «поднять» карты, что означает выделить соответствующими условными обозначениями опасные районы, важные или приметные ориентиры и другие сведения, которые помогут штурману быстро и точно осуществлять безопасное плавание. После тщательного изучения карт и навигационных пособий соответствующего района плавания намечается маршрут перехода судна.

Выбранный путь судна должен наилучшим образом отвечать навигационной обстановке в районе плавания. Маршрут судна следует прокладывать по существующим фарватерам или рекомендованным курсам. При этом использовать ведущие створы, наличие которых облегчит и повысит точность судовождения в районах, где отсутствует боковое течение.

Если вдруг по линии пути отсутствуют специально установленные створные знаки, то нужно отыскать створы естественных ориентиров. На линии пути нужно отметить точки поворотов, изменения элементов течения, открытия и скрытия важных ориентиров.

При плавании в узкости обязательно присутствие капитана на мостике. Он должен руководить всеми действиями вахтенной службы. Необходима четкая расстановка вахты и членов экипажа, вызванных для её усиления, а также распределение конкретных обязанностей в соответствии с знаниями между штурманами для того, чтобы своевременного обнаружить и исправить случайные ошибки. В зависимости от обстановки при необходимости уменьшить скорость хода, вплоть до остановки судна или отдачи якоря, в случае если правильность местоположения станет под сомнение. Заблаговременно перевести работу СЭУ на маневренный режим с целью обеспечить возможность своевременно выполнить необходимый манёвр. Заблаговременно снизить скорость или полностью остановить движение, если действия другого судна нам непонятны. Усиливать наблюдение также и с помощью судовой РЛС. Непрерывно контролировать место судна, учитывать колебания уровня моря и необходимый запас воды под килем, а также контролировать глубину места и возможность её изменения.

Прежде чем судно достигнет узкость, помощник капитана должен выполнить и контролировать определённые мероприятия:

- заранее предупредить вахтенного механика о возможном реверсе или о переводе СЭУ в режим маневрирования;

- когда СЭУ готов провести пробное испытание;
- сверить часы на мосту и в машине;
- обеспечить закрытие и герметизацию клапанов судовых дренажных систем за бортом;
- перейти к картам более крупного масштаба;
- изучить содержание по корректуре МНК для всех типов навигационной информации;
- включить второе рулевое устройство;
- проверить наличие пеленгаторов на крыльях моста и работу УКВ-радиостанции;
- включить радар и эхолот;
- снять выдвижной датчик лага;
- проверить средства сигнализации, машинный телеграф, связь ЦПУ;
- подготовить нужные флаги, сигнальные огни и знаки;
- определить местоположение судна;
- нанести временную отметку на курсограмме;
- контролировать закрытие водонепроницаемых переборок и дверей;
- при необходимости перейти на ручное управление;
- если маршрут проходит через ограниченные глубины для судна, рассчитайте осадку судна носом и кормой, посадку, подходящий запас глубины под килем, с учетом крена, включая динамический;
- предупредить капитана о приближении судна к указанному им месту;
- по указанию капитана вызвать подвахту на мост для усиления вахты;
- отслеживать УКВ-предупреждения о движении и навигации судов и самим своевременно уведомлять другие суда о своих намерениях;
- контролировать положение, сигналы и маневры других кораблей.

Стеснённые воды делятся на несколько зон:

Зона I типа – это зона с узкими каналами, ширина которых составляет 100–200 м, фарватерами, акваториями портов и речными участками. Здесь большая вероятность столкновения судов и посадки на мель. Поэтому здесь к современным навигационным оборудованьям (СНО) предъявляются высокие требования к их точности обсерваций и времени обработки о навигационной информации. Погрешность для определения местоположения судна в этой зоне не должна быть больше 10–50 м при постоянном счислении обсерваций.

Зона II типа – это зона стесненного плавания с подходами к портам и узкостям, у которых ширина прохода не больше одной мили ≤ 10 кб. В такой зоне точность определения местоположения судна составляет 100–200 м (0,5–1,0 кб), при том что частота обсерваций должна быть через каждые 1–5 мин с временем на обработку навигационной информации от 0,5 до 1,0 мин.

Зона III типа – это зона прибрежного плавания с фарватерами, ширина которых от 2 до 20 кб (что составляет $0,2 \div 2,0$ мили). Здесь требуется точность определения местоположения от 100 до 800 м (что составляет $0,5 \div 4,0$ кб) с частотой обсерваций каждые 1,5 мин и с временем на обработку навигационной информации от 0,5 до 1,0 мин.

Зона IV типа – это зона прибрежного плавания с раздельным движением судов с шириной полосы движения больше 10–20 кб (что составляет $1,0 \div 2,0$ мили). В этой зоне требуемая точность определения места судна варьируется от 400 до 900 м (что составляет от 2,0 до 5,0 кб). У этой зоны частота обсерваций составляет 15 мин и допустимое время на обработку навигационной информации – от 1 до 3 мин.

Зоны III и IV типа занимают прибрежную полосу моря с шириной порядка 1250 миль с судоходными проливами. В основном прибрежные зоны располагаются вдоль внешней границы шхер, навигационных опасностей и отдельных островов. Близкое расстояние до берега и наличие навигационных опасностей в данных зонах требуют от СНО надёжное обеспечение судовождения.

На подходах к порту возможны скопления судов, стоящих на якоре, дрейфующих и перемещающихся с разной скоростью. В тёмное время суток следует учитывать помехи, которые мешают наблюдению, от береговых огней, маскирующих объекты на воде. При

подходе к месту приема или высадки лоцмана необходимо предусматривать действия на случай его задержки или невозможности высадки.

Как правило, на подходах к портам в местах схождения морских путей организуются системы разделения движения судов.

Поворот судна – это один из наиболее важных моментов во время плавания в стесненных водах. Методы, которые принимались раньше, когда циркуляцию принимали за дугу окружности и учитывали через диаметр или радиус циркуляции, как оказалось, не обеспечивают необходимой точности при планировке поворота крупнотоннажных судов вблизи опасностей. Наиболее точное планирование поворота получается следующими методом. За момент, когда начинается поворот судна, следует принимать момент, когда были поданы команды на руль, тогда благодаря этому учитывается неизбежный «мертвый промежуток». Для того чтобы облегчить расчёты и построение, необходимо использовать маневренный планшет и уже на нем строить траектории циркуляций для положения руля П-15° и Л-15°. Важно знать, что перекладка руля 15° позволяет ускорить поворот, когда обнаружится, что под действием каких-либо факторов, которые не были учтены, истинная траектория судна отклоняется от спланированной.

При плавании судна в районах, имеющих навигационные опасности, необходимо не только рассчитать заранее курсы и поворотные пеленги, но и правильно осуществить сам поворот, чтобы после его окончания судно оказалось на проложенной линии нового курса. Для того чтобы выполнить это условие, необходимо определить время и место подачи команды на руль с учетом мертвого промежутка. Еще на подходе к месту поворота выбирается какой-нибудь ориентир, который можно будет наблюдать по пеленгу, параллельному курсу судна после поворота. В момент взятия пеленга необходимо включить секундомер. Через точку, в которой судно должно по счислению начать циркуляцию, проводят линию, а через точку, в которой должна быть подана команда на руль, – линию параллельную пеленгу и новому курсу. Если же судну необходимо пройти вблизи навигационной опасности, чтобы обеспечить безопасность, следует использовать ориентир, который расположен поблизости. Для этого из места ориентира как из центра проводят окружность радиуса, ограничивающую некоторый запас опасности.

Проход судна в таких условиях будет безопасным, если частые или непрерывные измерения с судна, т.е. расстояние до ориентира, не будет меньше расстояния допустимого. Это расстояние можно измерить с помощью разных приборов и инструментов, которые есть на судне. В основном это расстояние измеряют с помощью РЛС.

Есть случаи, когда измерение расстояния до ориентира может быть выполнено измерением его вертикального угла, при условии, если высота ориентира известна. Далее во время следования вблизи опасности необходимо следить за изменением вертикального угла ориентира. Пока угол α' остается меньше рассчитанного, судно проходит чисто относительно опасности. Но если угол α' стал равным рассчитанному, то это означает, что судно вышло на опасное расстояние и следует принять необходимые меры предосторожности. Такой вертикальный угол называют вертикальным ограждающим или опасным углом.

По аналогии с опасным пеленгом, расстоянием и углом очень часто в навигационной практике прибегают к опасной или ограждающей изобате. Во время подхода к берегам, островам, рейдам и т.д. показания эхолота позволяют обезопасить штурмана от опасности зайти за ограждающую изобату, значение которой зависит от конкретных навигационных условий, таких как осадка, скорость хода и курс судна.

После выбора ограничивающей изобаты необходимо рассчитать значение глубины по данным эхолота и в процессе плавания не допускать того, чтобы значение глубины с эхолота превысило рассчитанное значение.

Для того чтобы ускорить процесс определения местоположения в море, нужно еще во время подготовки к рейсу нанести сетки изолиний на опасные и сложные участки маршрута. Тогда на переходе судна отпадет необходимость графической прокладки изолиний, для того чтобы получить обсервованное место судна МНК. Обсервованное место судна можно

будет вычислить в короткий промежуток времени и при этом с наименьшей вероятностью, что будут допущены ошибка или промах.

Обычно приходится наносить азимутальные, стадиометрические, гониометрические и комбинированные сетки изолиний.

Стадиометрическая сетка изолиний наносится тогда, когда судно оснащено РЛС, а на местности имеются хорошо видимые с помощью РЛС точечные ориентиры. Таких ориентиров должно быть не менее двух, и располагаться они должны таким образом, чтобы стадиометрические изолинии на выделенном участке маршрута пересекались под углами не менее 30° и не более 150° .

Изостадии проводятся с помощью циркуля и рейсфедера тонкими линиями цветной тушью. Если наносить тушью одного цвета, то тогда от одного ориентира наносим сплошными линиями, а от второго – штрих-пунктирными линиями.

В зависимости от карты густота изостадий может быть совсем разной. Однако основным критерием для густоты изолиний является точность нанесения местоположения, полученного по расстояниям. Дуги окружностей необходимо проводить с таким интервалом, чтобы он вполне обеспечивал возможность линейной интерполяции между изолиниями сетки на глаз.

При нанесении сетки пеленгов на МНК требуется подобрать не менее двух ориентиров. Также рекомендуется, чтобы ориентиры были по возможности ближе к рекомендованному курсу (ЛЗП) и хорошо видны с судна. Линии пеленгов на ориентиры в любой точке участка ЛЗП должны пересекаться под углами не менее 30° и не больше 150° .

Линии пеленгов наносятся на карте тушью тонкими линиями от каждого ориентира своим цветом. Оцифровка линий обычно наносится через 5° в соответствии с их численным значением с моря (с судна). Нанесение комбинированных сеток выполняется чаще всего тогда, когда виден лишь один ориентир или счисление пути ведется при помощи РЛС. Комбинированные сетки – это сетки, которые были составлены разнородными изолиниями, например, сетки изолиний, которые соответствуют пеленгу на ориентир и расстоянию до него.

Таким образом, стесненные воды – это воды, в которых мореплавание стеснено навигационными условиями или интенсивным судоходством. Это сложный по своим условиям район плавания, где по-настоящему проверяется опыт штурмана. Во время плавания в стесненных водах курс судна должен проходить на безопасном расстоянии от навигационных опасностей и по безопасным глубинам. При высокой динамике развития опасной ситуации заблаговременное снижение скорости увеличивает резерв времени для оценки ситуации, а также уменьшает нагрузку и давление на штурманов. Важной предпосылкой безопасного плавания является его тщательная и заблаговременная подготовка к плаванию в стесненных водах. Поворот судна – наиболее ответственный момент во время плавания в стесненных водах. Подготовка к плаванию должна быть заблаговременной и плановой.

Биографический список

1. Михайлов В.С., Кудрявцев В.Г., Давыдов В.С. Навигация и лоция. Киев, 2009. 618 с.
2. Таратынов В.П. Судовождение в стеснённых водах. М.: Транспорт, 1980. 129 с.
3. Онопков В.И. Безопасность мореплавания. М.: Транспорт, 1994. 247 с.

Максим Русланович Бессараб

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-312, Россия, Владивосток, e-mail: maks.bessarab2000@gmail.com

Научный руководитель – Роман Николаевич Алифанов, канд. техн. наук, доцент

**Разработка алгоритма поиска и оценки рыбных скоплений
на гидролокаторе последнего поколения**

Аннотация. Рассмотрены основные этапы поиска рыбных скоплений и их оценки при работе на современном рыбопоисковом гидролокаторе SIMPAD SP70. Поиск и оценка рыбных скоплений с помощью гидролокатора.

Ключевые слова: поиск, оценка, рыбные скопления, гидролокатор.

Maxim R. Bessarab

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-312, Russia, Vladivostok, e-mail:
maks.bessarab2000@gmail.com

Scientific adviser – Roman N. Alifanov, PhD, Associate Professor

**Development of an algorithm for searching and evaluating fish accumulations
on the latest generation sonar**

Abstract. In this article, I considered the main stages of searching for fish accumulations and their assessment, when working on a modern fish search engine sonar SIMPAD SP70. Search and evaluation of fish accumulations using a sonar.

Keywords: search, assessment, fish accumulations, sonar.

Введение

В последнее время предъявляются повышенные требования к пониманию и знаниям судоводителей при работе с гидролокатором, для того чтобы профессионально и качественно облавливать лов, а также оценивать объем и состав рыбных скоплений. Ведь с изобретением новых модифицированных гидроакустических рыбопоисковых средств существенно растут требования к подготовке судоводителей, которые планируют связать свою работу на рыбодобывающем флоте. В настоящее время для более качественной подготовки штурманов используют тренажёры современных рыбопоисковых гидролокаторов, с помощью которых можно полноценно усвоить и закрепить все необходимые знания для реальной работы в море.

Одним из наиболее ярких примеров современного гидроакустического оборудования, повышающего профессиональные навыки судоводителей для грамотной работы на промысловых судах, увеличения эффективности и производительности лова, является рыбопоисковый тренажер SIMPAD SP70. Только судоводитель, обученный грамотному использованию всего комплекса систем контроля орудий лова, может рассчитывать на успех на промысле.

Анализ действий оператора ГАРПП

Разберем, какие действия необходимо выполнить на тренажере, для того чтобы обнаружить рыбные скопления.

Приведение тренажера в рабочее состояние

Первое, что нужно сделать, это привести его в рабочее состояние. Для этого необходимо включить дисплей. Дисплей: 18- или 20-дюймовый, с высокой разрешающей способностью, жидкокристаллический монитор. Вместе с картиной эхо-сигналов на мониторе может находиться МЕНЮ, для того чтобы управлять гидролокатором.

Следующим этапом нам необходимо выдвинуть антенну (кнопка Transducer). Выдвижное устройство выдвигает антенну ниже корпуса судна на 1,2 м. При этом максимальная скорость судна не должна превышать 15 уз, время выдвижения или поднятия антенны составляет не более 25 с. Антенна может быть выдвинута не полностью – положение MIDDLE. В этом случае только часть поверхности антенны будет выдвинута из устройства. Сферическая многоэлементная антенна позволяет лучу гидролокатора идти в любом направлении. Это дает возможность автоматически следить за косяком рыбы и показывать все пространство вокруг судна и под судном.

Для выдвижения антенны нажмите кнопку DOWN – она выдвигает антенну в рабочее положение. Светодиод рядом с этой кнопкой начнет мерцать, и будет подан звуковой сигнал, который говорит о процессе выдвижения антенны. После того как выдвижение закончится, светодиод будет гореть постоянно и звуковой сигнал прекратится. Верхняя кнопка в меню статуса покажет: **"Transducer DOWN"**. UP – Антенна поднята / MIDDLE – Антенна выдвинута наполовину в рабочее положение / DOWN – Антенна выдвинута полностью в рабочее положение;

Далее устанавливаем мощность излучения антенны (кнопка TX Power). Мощность TX используется для выбора выходной мощности передатчика. Обратите внимание, что этот параметр является общим для всех меню. То есть если мощность изменена в одном меню, то она будет автоматически изменена во всех остальных меню.

Выбор режимов сканирующего излучения гидролокатора

Затем устанавливаем ширину обзора сектора (кнопка Sector) В этом подменю устанавливается сектор, охватываемый за одно излучение.

OMNI – всенаправленный 360°.

SECTOR – в этом случае текущее направление поиска является центром аудиолуча. Кроме того, аудиолуч может изменяться вручную кнопками Train или автоматически с помощью программ автоматического поиска или слежения за целью.

После этого необходимо установить дальность обнаружения (кнопка Range) и выбрать рабочую частоту (кнопка Frequency)

Range – диапазон обычно устанавливается на панели управления гидролокатором. Прибор имеет такие диапазоны: 150, 300, 450, 600, 900, 1200, 1500, 2000, 2500, 3500, 4500 и 6000 м. Значение горизонтального диапазона показано на кнопке Range и в верхнем левом углу экрана. Диапазон устанавливается вручную и автоматически. Автоматически выбирается диапазон для наилучшего слежения за целью. Для включения этой функции выберите кнопку Auto в подменю Range. Наибольший диапазон в этом случае составляет 450 м. Диапазон измеряется в разных единицах измерения (метры, футы, мили и т. д.). Для этого на вкладке Display имеется кнопка Units.

Frequency – предназначена для выбора рабочей частоты антенны. В дополнении к работе на одной частоте (26 кГц) возможна работа на трех частотах (24, 26 и 28 кГц) или на многих частотах (22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 и 30 кГц). Это предусмотрено для того, чтобы уменьшить помехи от других гидролокаторов и не влиять на качество приема эхо-сигналов.

Первичные настройки антенны для обнаружения объекта лова

Для того чтобы обнаружить рыбные скопления, после того как выполнены вышеперечисленные действия, необходимо настроить угол наклона антенны (кнопка Tilt). Tilt

управляет наклоном луча антенны, который в стандартной конфигурации составляет диапазон от $+10^\circ$ до -60° , а в специальной – от $+10^\circ$ до -90° . Значение угла наклона показано в верхнем левом экране и в системе меню. При наклоне луча до -90° работа гидролокатора похожа на работу эхолота. Существует несколько методов поиска косяков. Горизонтальный метод поиска можно сравнить с зонтом. Это означает то, что все лучи на 360° вокруг судна имеют одинаковый угол наклона. Помимо горизонтального поиска, еще есть вертикальный поиск. В этом случае луч антенны может изменять наклон от 0° до -60° . А при включении опции наклона луча до -90° можно получить изображение полной вертикальной части в 180° . Третий метод поиска – это сочетание первых двух. Горизонтальный поиск + вертикальный поиск, такое сочетание помогает наблюдать за вертикальным распределением косяков рыбы. В таком случае нет необходимости проходить над целью, для того чтобы увидеть распределение этой цели на экране (рис. 1).

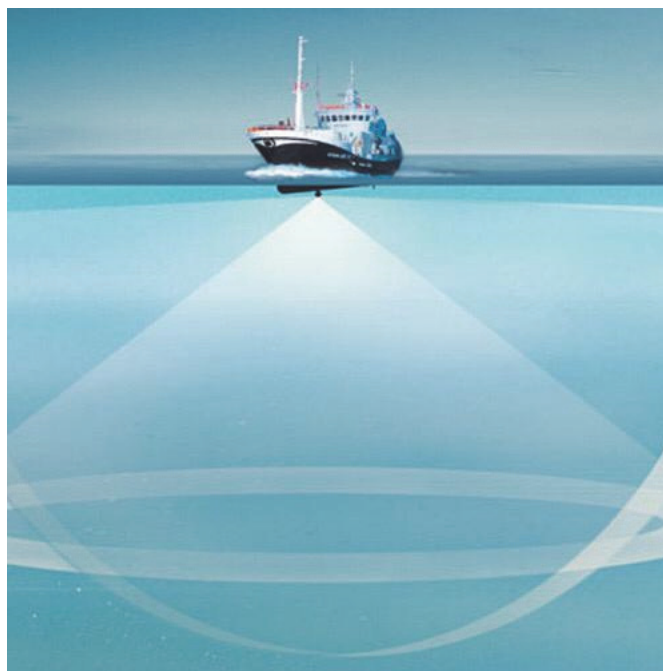


Рисунок 1 – Визуализация сканирующего сигнала гидролокатора

Чтобы результаты поиска были более четкими, необходимо настроить чувствительность приемника (кнопка Gain). Gain управляет усилением поиска. Выбранный уровень усиления показан выше индикатора наклона луча в левой части экрана, а также на вкладке Horizontal меню. Диапазон уровней усиления варьируется от 0 до 50 с шагом 1 дБ.

Выбор рабочих режимов гидролокатора

Гидролокатор SIMPAD SP70 обладает множеством рабочих режимов:

1. Режим «Курсом судна вверх» (Bow up).
2. Режим «Север вверх» (North up).
3. Режим «Истинное движение» (True motion).
4. Режим «Bow up/Audio».
5. Режим «Bow up/Vertical».
6. Режим « 270° /Vertical».
7. Режим «Dual».
8. Режим «Истинное движение» / Вертикальный поиск (True motion / Vertical).

Каждый из этих рабочих режимов обладает своими необходимыми качествами, которые требуются при вылове рыбы в особых условиях и с определенным орудием лова. Следовательно, зависимо от этих условий выбирается наиболее подходящий режим. Разберем же, каковы особенности каждого из этих режимов.

Режим «Курсом судна вверх» (Bow up).

В этом режиме символ судна всегда находится на экране в таком положении, что курс судна направлен вверх экрана. Луч антенны направлен вокруг судна на 360° , картина эхосигналов меняется при каждом новом излучении. Расстояние от символа судна до окружности диапазона эхосигналов равняется выбранному диапазону.

Индикатор наклона луча антенны расположен в верхнем левом углу экрана. Значение выбранного диапазона и усиления расположено выше индикатора наклона луча. Цифры оранжевого цвета, которые находятся в правом верхнем углу экрана, показывают направление, расстояние и глубину курсора. При наличии подключенной GPS будут показаны и координаты курсора. Такой режим подходит как для вылова тралом, так и с помощью кошелькового невода.

Режим «Север вверх» (North up).

В таком режиме экран ориентирован на то, чтобы направление на север было постоянно вверху экрана. Символ судна расположен в центре экрана, символ носовой части ДП судна направлен по курсу движения. Движение эхосигналов по экрану будет зависеть от курса и скорости судна. За судном и целью отображаться соответствующие линии курса. Все данные относительно скорости и расстояния расположены на тех же местах, что и в предыдущем режиме.

Режим «Истинное движение» (True motion).

Такой режим хорошо подходит для облова рыбных скоплений при помощи трала. В этом режиме символ судна двигается по экрану в соответствии со скоростью и курсом судна. Все эхосигналы тоже двигаются по экрану в зависимости от их курса и скорости в воде. Если символ судна достигнет края экрана, то изображение экрана переместится в новое географическое положение так, чтобы символ судна был в центре. Символ судна может устанавливаться не в центр экрана, а в положение, определяемое кнопкой Off Centre. При выборе нового рабочего режима это положение не запоминается, а символ судна устанавливается в центр экрана.

Режим «Bow up/Audio»

В этом режиме экран разделен на две части. В верхней показаны эхосигналы от целей впереди судна. Нижняя часть – это экран аудиоканала. Аудиоканал показан непрерывной линией белого цвета на горизонтальной картине и может быть наведен на любое направление. Записанные эхосигналы являются точной копией эхосигналов под белой аудиолинией.

Так как запись аудиоканала происходит в течение некоторого промежутка времени, то этот режим хорошо использовать для распознавания слабых эхосигналов, которые смешаны с шумом и реверберацией.

Запись аудиоканала всегда сохраняется компьютером, даже если выбрать другой режим. Поэтому при выборе режима « 180° / Audio» в нижней части экрана всегда будет картина аудиоканала. Также хорошо подходит при использовании трала.

Режим «Bow up/Vertical»

Данный режим предназначен для ведения тралового промысла. В этом режиме экран разделен на две части. В верхней части показаны эхосигналы от целей впереди судна. Нижняя часть – эхосигналы режима вертикального поиска. Таким образом, эхосигнал может быть изображен в горизонтальной и вертикальной плоскостях одновременно.

Направление вертикального поиска показано на горизонтальном плане белой аудиолинией и может быть установлено в любом направлении.

Белая аудиолиния показывает фронтальную часть вертикального разреза в полуокружности 180° и всегда отображается справа на вертикальном плане. Тильная сторона вертикального разреза отображается слева.

Все установки, касающиеся вертикального поиска (диапазон, усиление и т. д.), можно изменить на вкладке Vertical основного меню.

В дополнение к имеющемуся индикатору угла наклона луча антенны, угол наклона показан на экране вертикального поиска непрерывной белой линией. Это позволяет легко выбрать оптимальный угол наклона в вертикальной плоскости для лучшего изображения эхосигналов на горизонтальном плане.

Режим «270°/Vertical»

Этот режим предназначен специально для судов с кошельковым методом лова. Половина вертикальной части показана в нижнем левом углу, для просмотра установки невода по правому борту. Если невод будет установлен по левому борту, то половина вертикальной части будет показана в правом нижнем углу.

В таком режиме сохраняется связь с косяком в горизонтальном и вертикальном изображениях, и можно определять размеры самих косяков. Ещё одна важная информация, получаемая в этом режиме – это расположение косяка относительно грунта.

Информация о ходе лова расположена на поле меню. Кроме данных о положении невода относительно цели и грунта, это поле показывает дополнительную информацию о цели.

Режим «Dual»

В этом режиме экран разделен на две части, каждая из них является картиной гидролокатора. Излучение гидролокатора работает попеременно, то на верхнюю часть, то на нижнюю часть экрана. Для каждой части можно выполнить различные установки. Этот режим удобен тем, что позволяет подобрать оптимальные установки гидролокатора, сравнивая картины в верхней и нижней части экрана.

В режиме «Два в одном» можно изменять и другие установки пользователя – диапазоны, угол наклона луча, рабочую частоту и т.д.

Режим «Истинное движение» / Вертикальный поиск (True motion / Vertical).

Этот режим подходит как для судов, оснащенных тралом, так и для судов с кошельковым орудием лова. В этом режиме экран разделен на три части. Основная часть – режим «Истинное движение», который уже был описан. В правой верхней части экрана находится информация о ходе лова, в правой нижней части находится режим вертикального поиска 60° (стандартная конфигурация гидролокатора) или 90° (опция).

Улучшение полезного сигнала с помощью фильтров

Также для подавления реверберации (эффект эха) нужно нажать кнопку Reverberation Controlled Gain (RCG). Учтите, что при работе этой функции разрозненные косяки рыбы могут восприниматься как отражения и, следовательно, подавляться. Поэтому при лове таких косяков необходимо использовать функцию RCG с осторожностью. OFF – функция RCG выключена / WEAK и MEDIUM – функция подавляет помехи от отражений шума винта, грунта и поверхности воды, а сигналы от косяков рыбы не подавляются / STRONG – Подавляются помехи от отражений грунта, а эхо-сигналы от придонных косяков рыбы не подавляются, эффективно подавляет донные сигналы на мелководье.

Также включите автоматическую регулировку усиления (кнопка AGC). AGC регулирует коэффициент усиления предусилителя. Регулировка происходит в зависимости от силы поступающего эхо-сигнала. В результате чего наблюдается снижение шума и эффекта эха.

Подменю AGC содержит следующие параметры: OFF – функция AGC выключена / WEAK – слабый уровень AGC / MEDIUM – средний уровень AGC (рекомендуемый) / STRONG – сильный уровень AGC. Функция AGC определяет силу эхо-сигналов по пяти различным направлениям и в зависимости от этого устанавливает коэффициент усиления по остальным направлениям луча.

Чтобы избежать помехи, нужно включить фильтр подавления помех (кнопка Noise Filter) и фильтр обработки сигнала радиолокатора (кнопка PP Filter). PP Filter убирает с экрана лишние шумы. Позволяет получать чистое и стабильное изображение с помощью уменьшения шума. Сравнивает сигналы от нескольких излучений. Полученные эхо-сигналы должны соответствовать выбранному количеству излучений для того, чтобы они были показаны на экране. Включает в себя несколько режимов: (режим WEAK) – сравнивает последние 2 картины эхо-сигналов / (режим MEDIUM) – сравнивает последние 4 картины эхо-сигналов / (режим STRONG) – сравнивает последние 8 картин эхо-сигналов. Сравнив эти картины, PP Filter определяет то, что на экран попало случайно и очищает экран от случайных загрязнений (шумов).

На рис. 2 представлен экран гидролокатора.

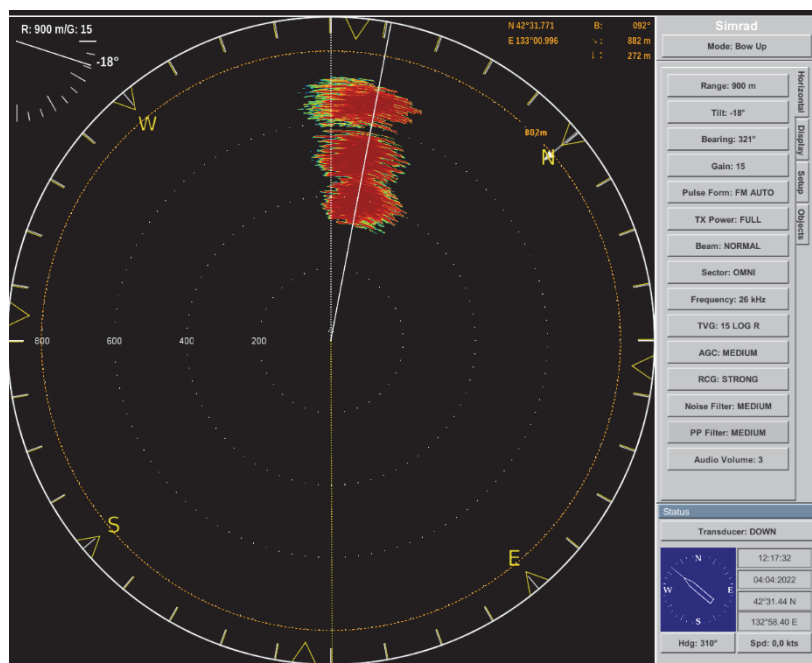


Рисунок 2 – Экран гидролокатора

Анализ и сопровождение объекта лова

Для того чтобы можно было проанализировать это скопление, а также расстояние до него, необходимо обозначить нужные цели. Для этого необходимо навести курсор на неё и нажать на пульте управления кнопку «символ цели». На вкладке Objects будут даны следующие данные о всех выделенных целях: (R) – диапазон / (B) – направление / (D) – глубина. При выборе отслеживаемой цели из списка символ судна и выбранная цель соединяются пунктирной линией. Для того чтобы удалить цель, нужно выбрать из списка ID данную цель и нажать Delete, а для того чтобы удалить все цели – нажмите Delete All.

После того как мы проанализировали данные о нужной цели, необходимо определиться с оборудованием лова. Кнопка Gear устанавливает тип орудия лова рыбы и его размер. Small Purse/Medium Purse/Large Purse – оборудование кошелькового лова. S Bottom Trawl/M Bottom Trawl/L Bottom Trawl/S Pelagic Trawl/M Pelagic Trawl/L Pelagic Trawl – оборудование тралового лова.

При нажатии кнопки Edit открывается соответствующее подменю. В нём можно настроить глубину, длину и сторону постановки орудия лова относительно судна, это что касается кошелькового невода. При настройке тралового орудия настраивается расстояние, глубина, ширина, высота и длина.

Также если стоит задача для вылова косяка конкретного характера, то для выполнения этой задачи нужно нажать кнопку School. Тогда открывается подменю, предназначенное для выбора характера рыбного косяка, где CAPELIN – мойва / HERING – сельдь / MACKEREL – скумбрия, макрель / BL.WHITENING/OWN SCHOOL – настройка пользователя. Это производится для функции автоматического слежения за целью.

При нажатии кнопки Edit открывается подменю, которое показывает выбранный характер косяка и устанавливает его плотность (кг/м^2) с помощью кнопки Density. Изначально для косяка любой рыбы автоматически установлена плотность 25 кг/м^2 . Увеличить или уменьшить это значение можно в этом же подменю.

Заключение

В связи с тем, что с каждым годом судостроение усердно развивается, суда оснащаются наиболее современными средствами навигации, сигнализации, связи и т.п. Поэтому судоводители должны иметь определенные знания для бесперебойной работы с системой.

Для этого необходимо постоянно проходить переквалификацию, чтобы закрепить старые знания и обучиться новому. Даже опытный капитан, который долгие годы работал на судах постройки прошлых десятилетий, поднявшись на мостик судна с современным оборудованием, не сможет без подготовки разобраться в полном его предназначении.

Библиографический список

1. Инструкция по использованию рыболовного модуля SIMPAD SP70.
2. Руководство пользователя модуля NTS-PRO 6000/F.

Данила Андреевич Васильченко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-312, Россия, Владивосток, e-mail: Vasilchienko03@mail.ru

Научный руководитель – Иван Сергеевич Карпушин, канд. техн. наук, доцент

Безопасность мореплавания во льдах

Аннотация. Представлены материалы по теме обеспечения безопасности плавания и спасения человеческой жизни во льдах.

Ключевые слова: мореплавание во льдах, правила прохода через лед, сплоченность льда.

Danila A. Vasilchenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-312, Russia, Vladivostok, e-mail:
Vasilchienko03@mail.ru

Scientific adviser – Ivan S. Karpushin, PhD, Associate Professor

Ensuring navigation safety when swimming in ice

Abstract. This report presents materials on the topic safety of swimming in ice.

Keywords: navigation in ice, rules of passage through ice, ice cohesion.

Данная тема является актуальной для современного мира, так как множеству судов ежедневно приходится работать в районах с ледовым сообщением, что может приводить к ситуациям, влекущими за собой опасность судну и его экипажу. Для того чтобы избежать трагедий при мореплавании во льдах, существуют инструкции и предписания для осуществления безопасности мореплавания в районах повышенного ледового сообщения.

К самостоятельному плаванию во льдах допускаются только суда, которым присвоен специальный ледовый класс Регистра. Безопасность плавания во льдах обеспечивается подготовкой судна, полной и достоверной ледовой и гидрометеорологической информацией, наблюдением за погодой и ледовой обстановкой, квалификацией и опытом судоводителей, умеющих маневрировать в ледовых условиях. При плавании в районе возможной встречи со льдом необходимо принять меры для своевременного обнаружения льда, который может угрожать безопасности судна. Если видимость становится ограниченной, необходимо уменьшить скорость судна в зависимости от информации по ледовой обстановке. При входе в лед и плавании в нем судном управляет капитан, его штатный дублер или старший помощник, имеющий допуск на самостоятельное управление судном во льдах.

Входить в лед не разрешается:

- без разрешения капитана или руководителя ледовыми операциями, а также без необходимой информации о пути следования;
- если сплочение и толщина льда опасны для судна или нет четкого представления о состоянии льда и ожидаемой гидрометеорологической обстановке;
- при смещении льда в сторону близко расположенных опасностей.

Если безопасный вход в лед невозможен, судно отводится от кромки льда и ожидает улучшения обстановки.

Перед входом в лед главная энергоустановка переводится на работу в маневренном режиме, вахтенный механик предупреждается о возможном реверсировании, сверяются

показания часов в штурманской рубке и ЦПУ, по мере возможности создается дифферент на корму, управление рулем переводят на ручное. О входе в лед предупреждается экипаж. Плавание во льдах должно осуществляться с безопасной скоростью. При этом необходимо избегать ударов по корпусу даже малых льдин, обходить скопления льда с наветренной стороны. Если границы льда не видно, то желательно отклоняться от главного курса на ветер, где проходимость льда, как правило, лучше, избегать вхождения в узкость между льдинами.

Маневрировать на минимальной скорости. Для зрительного определения сплоченности льда прямо по курсу его сравнивают со сплоченностью льда за кромкой судна на пройденном пути. Во время плавания в прибрежной полосе начинает усиливаться прижимной ветер и сплочение льдов, необходимо отойти в море.

Когда прогноз погоды благоприятен, а ледовая зона незначительна и проходима для судна, плавание судна можно осуществлять при ограниченной видимости и ночью. В темное время суток при маневрировании во льду рекомендуется применять прожекторы и другие мощные источники света.

Если судно попадает в сложные ледовые условия или оно теряет ориентировку во льдах, капитан сообщает руководству ледовыми операциями о своем месте, характере изменений ледовой обстановки, о состоянии льда, погоде и принятом решении. Входить в более сплоченный лед можно только при полной уверенности его прохождения.

Если движение судна во льду замедляется даже при увеличении скорости, то необходимо дать задний ход. В случае неизбежного столкновения с льдинами предпочтительнее принимать их форштевнем. Пользоваться рулем необходимо умело и осторожно, для предотвращения его повреждений следует избегать резких и больших переключений. В сплоченном льду передний ход начинают давать с самого малого, чтобы вначале разредить лед в районе винтов. Может случиться, что груженое судно заклинит (будет зажато тяжелым льдом в носовой части корпуса), а судно в балласте (без груза), взойдя на лед носовой частью, не сможет отойти назад.

В этих случаях необходимо:

- во время работы движителей на полный передний ход попробовать переключку руля с борта на борт, что может помочь раскатать корму судна;
- меняя ход с переднего на задний, и наоборот, попытаться дать движение судну (расшевелить его);
- освободить судно кренованием, т.е. перекачкой воды в балластных танках, и попеременным заполнением водой форпика и ахтерпика.

Иногда целесообразно подождать некоторое время, так как от воздействия более высокой температуры корпуса соприкасающийся с ним лед и снег подтаивают.

При самостоятельном плавании судна во льдах в судовой журнал заносятся:

- координаты места входа судна в лед и выхода из него;
- характеристика льда и направление кромки льда;
- генеральный курс и перемещение судна;
- все распоряжения, получаемые от руководства ледовыми операциями или от капитана ледокола;
- координаты места начала ледового дрейфа, его скорость и направление, метеорологическая обстановка при этом; начало сжатия льда, характеристика льда, продолжительность сжатия и меры борьбы за живучесть судна.

При повреждении судна записываются:

- обстоятельства, при которых судно получило повреждение;
- характеристика ледовой обстановки;
- маневры, выполненные судном, и его скорость при этом;
- фамилия судоводителя, непосредственно управляющего судном в момент получения повреждения.

Материалы и размеры конструкций должны быть достаточными для обеспечения целостности корпуса при эксплуатации во льдах.

Требования к остойчивости и делению на отсеки: Суда должны иметь достаточную остойчивость, если они подвержены обледенению. Допускается обледенение:

- 30 кг/м²
- на открытых палубах и переходных мостиках;
- 7,5 кг/м²
- для проекции боковой поверхности на каждый борт.

Суда должны быть спроектированы так, чтобы сводить обледенение к минимуму и в достаточной степени снабжены средствами для удаления льда. Цель требований – обеспечение безопасных оставлений судна, эвакуации и выживания. Для выполнения этих требований предусматриваются:

- пути выхода и места сбора;
- спасательные средства должны сохранять работоспособность в течение максимального ожидаемого времени прибытия сил спасения и учитывать возможность эксплуатации в условиях продолжительных периодов темноты.

Шлюпки на судах, эксплуатирующихся в полярных водах – закрытого типа, оборудованные прожекторами;

- максимальное ожидаемое время прибытия сил спасения ни при каких обстоятельствах не должно приниматься меньшим 5 сут;
- источники энергии спасательных средств должны работать независимо от основного судового источника энергии.

На каждой дежурной и спасательной шлюпках должно быть установлены:

- устройство, готовое к передаче сигналов бедствия;
- устройство для указания его местоположения;
- устройство связи для приёма и передачи данных.

Для всех людей должна быть предусмотрена термическая защита с учётом возможности оказаться в холодной морской воде. Экипаж должен пройти подготовку по использованию индивидуального и коллективного оборудования выживания. Должны быть предусмотрены ресурсы для обеспечения выживания после оставления судна в течение максимального ожидаемого прибытия сил спасения. Эти ресурсы должны обеспечивать:

- пригодную для обитания среду и достаточное пространство для размещения людей;
- средства для приготовления питания и рационы питания, достаточные до прибытия сил спасения;
- средства для связи с силами спасения.

Мореплавание во льдах всегда сопровождалось большим риском для судна и его экипажа.

Современные средства навигации и связи, а также опыт предыдущих поколений моряков упростили и сделали более безопасным мореплавание во льдах, но даже сейчас работа в этих районах сопровождается высокими рисками и требует полного знания всех инструкций и точного их выполнения, а также умелого обращения с навигационными приборами.

Библиографический список

Сливаев Б.Г. Плавание судна в полярных районах. Владивосток, 2017.

Валентина Владимировна Воловенко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-512, Россия, Владивосток, e-mail: Valentinkassvivald@gmail.ru

Научный руководитель – Надежда Васильевна Вовченко, старший преподаватель

Исследование необходимости использования астронавигации для обеспечения безопасности мореплавания

Аннотация. Развитие радиотехнических средств и спутниковой навигации, обеспечивающие комфортное получение координат места судна независимо от погоды, времени суток и района плавания, заметно снизили роль мореходной астрономии в практике судовождения. Однако прежние достоинства астрономических методов определения места судна, такие как экономичность и энергонезависимость, полная автономность, надежность и возможность использования в любой точке земного шара до сих пор остаются актуальными.

Ключевые слова: астронавигация, судовождение, спутниковые системы, безопасность.

Valentina V. Volovenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-512, Russia, Vladivostok, e-mail:
Valentinkassvivald@gmail.ru

Scientific adviser – Nadezhda V. Vovchenco, Senior Lecturer

Investigation of the necessity of using astronavigation to ensure the safety of navigation

Abstract. The development of radio-technical means and satellite navigation, providing comfortable obtaining of the coordinates of the ship's location regardless of the weather, time of day and navigation area, has significantly reduced the role of nautical astronomy in the practice of navigation. However, the former advantages of astronomical methods for determining the location of the vessel, such as efficiency and energy independence, complete autonomy, reliability and the possibility of use anywhere in the world still remain relevant.

Keywords: astrognation, navigation, satellite systems, security.

Функциональные обязанности судоводителя на современном морском судне определяются необходимостью решения двух связанных задач. Первая из них – расчет целенаправленного пути судна, который должен быть построен таким образом, чтобы с меньшими затратами выполнить рейсовое задание и одновременно обеспечить навигационную безопасность. Вторая задача судоводителя заключается в постоянном мониторинге фактического места и элементов движения судна. До появления глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) последняя задача решалась штурманом в основном методом счисления, однако эти системы сделали основным второй метод – метод обсерваций, поменяв его со счислением местами по критерию «основной–резервный». Вместе с тем судовой сегмент ГНСС не обладает абсолютной надежностью, а сам спутниковый сигнал может быть заблокирован оператором системы или иными лицами, организациями и государ-

ствами. Для того чтобы судоводитель не остался «без глаз» в центре океана, на помощь приходят классические методы мореходной астрономии, которые можно реализовать не только вручную – при помощи секстана, звездного глобуса и пеленгатора, но и автоматизируя процесс посредством судовых астронавигационных систем.

Глобальные навигационные спутниковые системы дают возможность вахтенному помощнику капитана практически непрерывно знать место с точностью порядка 10 м. Такая высокая эффективность, производительность и точность ГНСС, обеспечиваемые, на первый взгляд, в любой момент времени практически в любой точке Мирового океана, успешно скрывают уязвимые места средств спутниковой навигации от потребителей и заставляют последних абсолютно доверять координатам, выдаваемым судовой аппаратурой ГНСС.

Глобальная навигационная спутниковая система GPS, являющаяся в современном мореплавании самой развитой и распространенной, изначально была запущена и использовалась исключительно для военных целей.

В настоящее время существуют методы и средства внешнего подавления сигналов спутниковой навигации. Так, комплекс радиопомех приемникам системы глобальной радионавигации («Орбита-3.2»), разработанный белорусским конструкторским бюро «Радар», позволяет «закрыть» от спутниковых сигналов территорию радиусом 100 км. Однако в настоящее время собрать устройство для постановки таких радиопомех не составляет большого труда и в домашних условиях, поэтому они могут быть созданы и использованы в неправомерных целях – например, пиратами и террористами.

Кроме обычных средств постановки радиопомех угрозу безопасности плавания несет умышленная внешняя фальсификация сигналов ГНСС, получившая название «спуфинг» (от англ. spoofing – подмена). Спуфинг – это подмена действительных сигналов от спутников более мощными сигналами от наземного устройства (спуфера). Спугер, осуществляя широкоэвещательную трансляцию сигналов, схожих с сигналами ГНСС (что затрудняет обнаружение спуфинга), заставляет судоводителя принимать за истинное то место судна, которое получено на основе сфальсифицированной «псевдоспутниковой» информации, и изменять курс судна так, как того хочет владелец спугера.

В 2011 г. Королевская инженерная академия Великобритании заявила о существующей опасности национальной инфраструктуре, связанной с ее устойчивой зависимостью от спутниковой системы, находящейся в ведении другого государства, т.е. от системы GPS. В докладе академии отмечено, что эта зависимость неуклонно растет и в итоге может привести к катастрофе. Руководитель исследования доктор Мартин Томас следующим образом сформулировал выводы своей рабочей группы, полученные в результате анализа места GPS в обеспечении британской инфраструктуры: «Растущая зависимость от спутниковой навигации позволяет предположить катастрофические последствия технического сбоя, которые могут привести к серьезному экономическому ущербу или к гибели людей».

Британские эксперты классифицируют причины возможных отказов GPS на природные и антропогенные. В число первых входят природные аномалии и активность Солнца. Вторая группа причин связана с неправомерными действиями по глушению и искажению спутниковых сигналов. На основе результатов своих исследований Королевская инженерная академия выступила с инициативой исключения из свободного оборота технических средств радиоэлектронной борьбы и комплектующих для них.

В настоящее время в процессе поэтапной модернизации ГНСС GPS правительство США планомерно реализует ряд мероприятий в рамках концепции так называемой «навигационной войны» (Nav War). Концепция предусматривает внедрение технических новшеств, значительно затрудняющих или делающих невозможным использование сигнала ГНСС GPS без санкции США. Мероприятия в рамках концепции «навигационной войны» позволяют США в любой момент без предупреждения в военных, экономических или политических целях ограничить на любой территории доступ гражданских пользователей к сигналу ГНСС GPS.

Отечественная спутниковая система ГЛОНАСС в случае принятия решения правительством США об отключении или ограничении GPS успешно сможет предоставлять морским судам возможность глобального позиционирования. Однако остальные вероятные причины недоступности могут проявиться и в отношении этой системы.

При невозможности использования ГНСС в целях определения места судна в открытом море методом обсерваций остается единственное – использовать средства мореходной астрономии.

В современной мореходной астрономии зачастую применяются только навигационный секстан и высотный метод, т.е. для определения координат места судна судоводитель должен найти высоту светила. Вместе с тем подобная реализация высотного метода имеет некоторые недостатки, в число которых входят:

- возможность измерять только один астронавигационный параметр – высоту светила;
- единственным светилем, которое можно наблюдать днем, является Солнце;
- невозможность измерений навигационного параметра в сложных метеоусловиях (ограниченная видимость, сильная облачность), так как в основе этих измерений лежит необходимость одновременно наблюдать визуально светило, высота которого измеряется, и видимый горизонт;
- точное и грамотное измерение высоты возможно только уверенным, обладающим соответствующими умениями и навыками пользователем секстана, из чего вытекает необходимость в постоянных тренировках.

Помимо высотного существуют также и другие методы мореходной астрономии, а именно: азимутальный, разностно-азимутальный, скоростно-высотный, скоростно-азимутальный, высотно-азимутальный. Общим недостатком всех этих методов является необходимость наличия специальных устройств, измеряющих с достаточно высокой точностью астронавигационные параметры.

Очевидно, что повышение эффективности использования астрономических способов определения места судна и поправки курсоуказания невозможно без применения современных высокотехнологичных технических средств и методов обработки астронавигационной информации.

Типовая последовательность действий судоводителя при определении места судна или поправки курсоуказания выглядит следующим образом:

- 1) оценка астронавигационной обстановки, т.е. расчет времени восхода и захода Солнца, начала утренних и вечерних сумерек, подбор светил для наблюдений;
- 2) подготовка и проверка измерительных приборов;
- 3) измерение астронавигационных параметров (высоты, азимута, разности азимутов и т.д.);
- 4) опознание неизвестного светила (при необходимости);
- 5) получение истинных значений астронавигационных параметров;
- 6) приведение значений навигационных параметров к одному моменту;
- 7) расчет элементов линий положения (высотных, азимутальных, разностно-азимутальных и т.д.);
- 8) расчет обсервованных координат места судна или поправки курсоуказания;
- 9) расчет и анализ точности координат места судна или поправки курсоуказания;
- 10) использование полученной астронавигационной информации для целей судовождения.

При традиционной ручной обработке астрономических наблюдений около 40 % времени уходит на вычисление местных часовых углов и склонений светил. Автоматизировать обработку измерений позволяет специализированное программное обеспечение. Вместе с тем подобная автоматизация является частичной, касающейся только обработки измерений, но не их выполнения.

На основе вышесказанного можно сделать следующий вывод о существовании двух основных путей повышения эффективности использования методов мореходной астрономии:

- увеличение количества измеряемых астронавигационных параметров;
- использование специальных технических средств измерений и их обработки.

Следует отметить, что в конце 80-х гг. проводились разработки астронавигационных систем (АНС) судов гражданского флота. Однако в силу известных политических событий исследования в этом направлении были свернуты. Кроме того, основными причинами, которые сдерживали разработку АНС для судов гражданского флота, являлись ограничения применения по гидрометеорологическим условиям, сложность конструкции, большие размеры, дороговизна и определенная закрытость информации. В настоящее время сформировался следующий комплекс объективных условий, позволяющий вернуться к разработке АНС:

- необходимость на судне эффективного резервного средства определения места судна и поправки курсоуказания в любых районах Мирового океана и при любых гидрометеорологических условиях и совершенствования средств и методов решения задач курсоуказания;

- имеющийся военно-морской опыт эксплуатации АНС и рассекречивание информации;
- готовность отечественных предприятий для выпуска и обеспечения АНС.

Построение судовой АНС должно быть основано на следующих принципах:

- 1) универсальность, компактность, пригодность установки на судне любого назначения;
- 2) обеспечение максимума вероятности автоматизированного измерения одновременно нескольких астронавигационных параметров;

- 3) использование при построении комплектующих, уже освоенных промышленностью;

- 4) применение модульной конструкции, позволяющей варьировать функциональные возможности;

- 5) математическое обеспечение АНС должно позволять решать задачи мореходной астрономии автоматически, без привлечения МАЕ и Nautical Almanac, с возможностью автоматизированного периодического обновления астрономических координат;

- 6) простота интерфейса;

- 7) возможность комплексирования с другими судовыми навигационными приборами и системами;

- 8) стоимость серийной судовой АНС должна быть приемлемой для судовладельцев и судоходных компаний.

Автоматизированная судовая АНС должна решать следующие задачи:

- 1) автоматическое формирование плоскости искусственного истинного горизонта;

- 2) расчет экваториальных и горизонтных координат светил с целью наведения на светило измерительного устройства;

- 3) наведение на светило измерительного устройства и измерение астронавигационных параметров как в оптическом диапазоне, так и по радиоизлучению;

- 4) обработка всей измеренной астронавигационной информации в реальном масштабе времени, отображение результатов этой обработки и их трансляция в системы автоматического счисления;

- 5) определение места судна, направления географического меридиана, поправок систем и приборов курсоуказания;

- 6) определение и хранение точного времени;

- 7) оценка естественной освещенности.

Сформулированные принципы построения и задачи судовой АНС, опыт развития таких систем на Военно-морском флоте позволяют сделать вывод о следующем перечне элементов, которые должны входить в состав судовой астронавигационной системы

- 1) система стабилизации в плоскости истинного горизонта;

- 2) измерительное устройство на стабилизированной в плоскости истинного горизонта платформе;

- 3) вычислительное устройство для обработки астронавигационной информации.

Одним из важнейших элементов судовой АНС является система стабилизации в плоскости истинного горизонта, которая может быть реализована несколькими способами:

- при помощи малогабаритной бесплатформенной инерциальной навигационной системы на лазерных гироскопах;

- на основе автономного судового гироскопа;

- с использованием ортогональной триады акселерометров.

Последний способ по совокупности ряда факторов видится наиболее перспективным. Использование акселерометрической системы стабилизации минимизирует число чувствительных элементов, обеспечивающих необходимую погрешность моделирования плоскости искусственного горизонта, и существенно снижает стоимость судовой АНС в целом.

Измерительное устройство в общем случае должно включать в себя платформу, стабилизированную при помощи специальной системы в плоскости истинного горизонта, и оптическую систему измерения и систему измерения по радиоизлучению светил (радиосекстан), установленные на стабилизированной платформе.

В основе оптической системы измерений предпочтительно использовать не традиционную для АНС ВМФ громоздкую и дорогостоящую систему линз и призм, а телевизионный канал наблюдений. Вероятность применения оптического канала составит при этом 74 %.

Таким образом, в настоящее время методы и средства мореходной астрономии являются единственными дублирующими по отношению к ГНСС методами и средствами для определения места судна в открытом море. В свою очередь, астрономические методы могут быть автоматизированы при помощи астронавигационных систем, что значительно увеличит вероятность применения этих методов, сократит время и повысит точность решения навигационных задач. При этом недостатки АНС, касающиеся технических и экономических аспектов их разработки и эксплуатации, могут быть устранены принятием во внимание при проектировке гражданской специфики задач и использованием высокотехнологичных компактных серийных комплектующих.

Библиографический список

1. <https://naukarus.com/k-voprosu-o-primenenii-morehodnoy-astronomii-v-sovremennoy-praktike-moreplavaniya>.
2. <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-neobhodimosti-ispolzovaniya-na-morskih-sudah-astronavigatsionnyh-sistem>.
3. <https://www.hmong.press/wiki/Astronavigation>.

УДК 656.61.08+656.61.052

Сергей Константинович Вотинов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ХТб-312, Россия, Владивосток, e-mail: votinov2001@bk.ru

Леонид Валериевич Назаренко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ХТб-312, Россия, Владивосток, e-mail nazleonid@mail.ru

Научный руководитель – Виктория Викторовна Бойко, старший преподаватель

**Аварии на судах в случае неисправности технических средств навигации
и судовых устройств**

Аннотация. Рассмотрены основные инциденты при управлении судном и количество морских происшествий из-за навигационных препятствий.

Ключевые слова: аварии на судах, навигационные происшествия.

Sergei K. Votinov

Far Eastern State Technical Fisheries University, HTb-312, Russia, Vladivostok, e-mail:
votinov2001@bk.ru

Leonid V. Nazarenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, HTb-312, Russia, Vladivostok, e-mail:
nazleonid@mail.ru

Scientific adviser – Victoria V. Boyko, Senior Lecturer

**Accidents on ships in case of malfunction of technical means
of navigation and ship devices**

Abstract. The main applications of ship control and the number of marine accidents due to navigational signals are excluded.

Keywords: accidents on ships, navigational accidents.

Судовые устройства – это совокупность необходимых для нормальной работы судна устройств, аппаратов, механизмов и машин. Судовые устройства бывают общими и специальными. К общим судовым устройствам относятся устройства, устанавливаемые на всех судах без исключений. К ним относят рулевые, швартовные, спасательные, якорные. Специальные судовые устройства зависят от назначения судна, относят промысловые устройства, тральные устройства и т.п.

За последние несколько десятилетий судоходная отрасль претерпела ряд технологических достижений. Как и в любой другой сфере, в судоходстве наблюдается массовая цифровизация машин и оборудования.

Концепция электронной навигации зародилась еще в 2006 г., когда Международная морская организация (ИМО) решила включить четко определенную стратегию интеграции новых и существующих навигационных инструментов для улучшения управления и безопасности судов в море.

Современные суда используют цифровое оборудование, такое как AIS, ECDIS, интегрированные мостовые системы, идентификации и слежения на больших расстояниях, GMDSS и несколько других сложных электронных навигационных инструментов. Основной целью концепции электронной навигации является разработка системы, которая может надлежащим образом организовать все судовые данные в одном месте, чтобы помочь повысить безопасность судоходства.

Ряд электронных технологий, как судовых, так и береговых, используется для улучшения ситуационной осведомленности и принятия решений штурманами. Эти системы также помогают в поиске и спасении в чрезвычайных ситуациях, реагировании на любые формы загрязнения морской среды с судов, повышении безопасности портов и судов, а также планировании и выполнении грузовых операций. Тем не менее морские аварии по-прежнему происходят по всему миру. Так, в 1970 г. буксируемый СРТ «Гонец» и буксир «Дунай» сели на мель из-за низкой видимости и неисправного радиопеленгатора. Позднее оба судна сели на прибрежные камни в районе мыса Херсонес. Буксиру удалось сняться с камней, а «Гонец» остался там навсегда.

Поэтому необходима интегрированная система, которая помогла бы собирать, интегрировать, обмениваться, представлять и анализировать морскую информацию на судах и на берегу с использованием электронных систем. В конечном итоге это поможет улучшить навигацию судов, операции и безопасность, а также защитить морскую среду.

Основной целью электронной навигации является повышение безопасности судоходства при одновременном снижении нагрузки на штурманов. Хорошо скоординированная и систематическая система электронной навигации значительно повысит эффективность судов не только в море, но и в портах. Более того, глобальная стандартизация таких систем упростит эксплуатацию судов и существенно повысит безопасность на море.

Несколько морских организаций, как государственных, так и частных, вместе с ИМО работают над созданием надежной системы электронной навигации в рамках международной морской структуры. Однако ожидается, что созданная таким образом система будет чрезвычайно полезна судоводителям для обеспечения надлежащей навигации и принятия решений и не должна ограничивать штурмана исключительно ролью наблюдения за электронной навигационной системой. Тем самым помогая предотвратить аварии, связанные с навигационными происшествиями.

Навигационными происшествиями признаются происшествия, связанные с посадкой судна на мель, касанием грунта, ударом о подводные препятствия или сооружения, с разрывом подводного кабеля или трубопровода при условии указания всех этих препятствий и предметов на морских картах или оглашения в «Извещениях мореплавателям». Почти все аварии происходят по вине человека, так как навигационное оборудование очень качественное и перед каждым отплытием проверяется на предмет неисправностей.

К навигационным происшествиям можно отнести и другие происшествия, произошедшие из-за навигационных ошибок капитана судна, штурмана или вахтенного помощника.

Происшествия, связанные с судовыми устройствами, могут произойти как по вине человека, так и по другим причинам, не связанным с человеческим фактором (погода, качество материалов и т. п.).

Такой ситуацией является столкновение судна с другим судном, с наблюдаемым морским объектом, со льдом и другими надводными сооружениями.

Похожее происшествие произошло пару лет назад и имеет название «Столкновение в акватории морского порта Азов т/х «МЕЖДУРЕЧЕНСК» и т/х «VOLGA-4007».

16.11.2020 в 05:34 следующий вверх по р. Дон т/х «МЕЖДУРЕЧЕНСК», находясь на перекате Узьянский, морского порта Азов, совершил столкновение со следующим навстречу т/х «VOLGA-4007».

Причинами столкновения являются вход т/х «МЕЖДУРЕЧЕНСК» на закрытый для него участок, где запрещено расхождение судов длиной более 100 м, занятый другим судном, а также движение судна с небезопасной скоростью. Низкая организация ходовой навига-

ционной вахты на т/х «VOLGA 4007», заключающаяся в ошибочных действиях вахтенного помощника капитана при управлении рулём, в результате чего не обеспечено удержание судна у внешней границы фарватера, находящейся с его правого борта.

Другим же происшествием является навал на судах, на причалах, на береговом или морском оборудовании.

Такая ситуация произошла 03.08.2019 в 11:50 и имеет название «НАВАЛ НА АКВАТОРИИ МОРСКОГО ПОРТА РОСТОВ-НА-ДОНУ Т/Х «УСТЬ-ИЛИМСК» НА «УТС-519».

Т/х «УСТЬ-ИЛИМСК» при следовании по акватории морского порта Ростов-на-Дону, находясь на 3134,5 км р. Дон, совершил столкновение с ошвартованным у городской набережной учебно-тренировочным судном «УТС-519». Пострадавших нет. Загрязнения окружающей среды не произошло.

Авария произошла из-за того, что капитаном и лоцманом была выбрана небезопасная траектория движения т/х «УСТЬ-ИЛИМСК», недооценка гидрологических факторов, оказывающих воздействие на судно, а также отсутствие контроля осадки судна со стороны лоцмана.

Ещё может произойти касание земли из-за промахов в управлении судном, посадка на мель. Например «ПОСАДКА НА МЕЛЬ т/х «АКАДЕМИК ИОФФЕ» В КАНАДСКОЙ АРКТИКЕ».

24.08.2018 в 11:13 в заливе Бутия Канадской Арктики, в районе Astronomical Society Islands пассажирское судно «АКАДЕМИК ИОФФЕ» со 126 пассажирами на борту на скорости 7 уз ударились носовой частью левого борта о грунт (предположительно скала или камни) и село на мель. В результате аварийного случая произошло повреждение корпуса судна в районе носовой скулы левого борта. Пассажиры эвакуированы. Погибших и пострадавших нет.

И последний тип аварий, который мы разбираем в этой работе, подрыв (выбрасывание) судна на берег в дрейфе или на якоре.

Наглядным примером такой ситуации послужит происшествие под названием «ВЫБРАСЫВАНИЕ СУПЕРТАНКЕРА «Амоко Кадис» НА КАМНИ».

16.03.1978 при входе в пролив Ла-Манш на судне произошла серьезная авария руля, и оно потеряло управление. Из-за шторма у буксира «Пасифик» лопнул буксирный трос, вследствие чего его не смогли вытянуть в открытое море. В 10 вечера 16.03.1978 танкер сел на камни, а на следующий день, 17 числа, танкер разломился.

Ниже представлена диаграмма, показывающая нам, как с каждым годом количество аварий из-за навигационных препятствий становится меньше.



Количество морских происшествий из-за навигационных препятствий

Из всего вышеперечисленного и сказанного можно сделать вывод, что почти все навигационные происшествия происходят из-за человеческого фактора.

Так как люди не обращают внимания на навигационное оборудование, они совершают огромную ошибку.

Ведь навигационное оборудование – если не важнейшее оборудование для безопасного плавания то, как минимум одно из важнейших на судне.

Библиографический список

1. Что такое электронная навигация [Электронный ресурс]. [https://www-marineinsight-com.translate.goog/marine-navigation/what-is-e-](https://www-marineinsight-com.translate.goog/marine-navigation/what-is-e-navigation/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc)

[navigation/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc](https://www-marineinsight-com.translate.goog/marine-navigation/what-is-e-navigation/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc) (дата обращения: 09.04.22).

2. Классификация, статистика и основные причины морских происшествий [Электронный ресурс]. <https://podlodka.info/education/23-analysis-of-navigational-information/259-classification-of-statistics-and-main-causes-of-marine-accidents.html?showall=1> (дата обращения: 09.04.22).

3. Статистика морских аварий [Электронный ресурс]. https://www-mlit-go-jp.translate.goog/jtsb/statistics_mar.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc (дата обращения: 09.04.22).

4. Анализ и состояние аварийности [Электронный ресурс]. <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportny-h-proissshes/analiz-i-sostoyanie-avarijnost> (дата обращения: 09.04.22).

Дмитрий Артурович Галимуллин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-512, Россия, Владивосток, e-mail: dmitriy.galimullin.offbox@mail.ru

Научный руководитель – Надежда Васильевна Вовченко, старший преподаватель

Исследование практического использования астрономических методов определения поправки гирокомпаса

Аннотация. В открытом море единственным способом определения поправки курсоуказания является астрономический способ. Его целесообразно применять и в порту, так как по сравнению с другими способами он является наиболее точным и надежным. Практика судовождения показывает, что большинство навигационных ошибок в той или иной мере связано с неверными показаниями курсоуказателей, поэтому необходимо использовать любую возможность и в порту, и в рейсе для определения их поправок.

Ключевые слова: поправка компаса, астрономический метод, истинный пеленг, компасный пеленг.

Dmitriy A. Galimullin

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-512, Russia, Vladivostok, e-mail: dmitriy.galimullin.offbox@mail.ru

Scientific adviser – Nadezhda V. Vovchenko, Senior Lecturer

Research of the practical use of astronomical methods for determining the gyrocompass correction

Abstract. On the high seas, the only way to determine the heading correction is the astronomical method. It is advisable to use it in the port, as compared to other methods, it is the most accurate and reliable. The practice of navigation shows that the majority of navigational errors are, to one degree or another, associated with incorrect indications of heading indicators. Therefore, it is necessary to use every opportunity both in the port and on the voyage to determine their amendments.

Keywords: compass correction, astronomical method, true bearing, compass bearing.

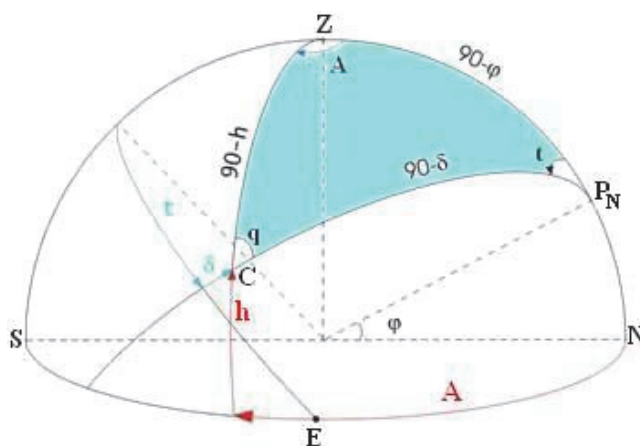
Определение поправки компаса в море является одной из важнейших задач в судовождении. Не зная верного значения поправки компаса, судоводитель не в состоянии обеспечить необходимой точности счисления пути судна, а также и навигационных обсерваций. С течением времени по различным причинам величины поправок гироскопических и особенно магнитных компасов претерпевают изменения. Вследствие этого при нахождении судна в рейсе необходимо систематически определять верные значения поправок компасов. В открытом море это возможно делать только по небесным светилам, т.е. астрономическими методами. В прибрежном плавании, когда нет возможности воспользоваться специальными створами, определение поправки компаса также следует делать астрономическим путем, так как точность определения поправки компаса при единичном пересечении створа оказывается недостаточной.

При определении поправки компаса астрономическим способом в качестве компасного направления используется пеленг на светило, измеренный с помощью пеленгатора, а в качестве истинного направления – счислимый азимут данного светила, вычисленный на момент измерения табличным или машинным способом.

Для того чтобы определить поправку компаса в море, необходимо получить истинное направление на светило С, т.е. его истинный пеленг ИП, и компасное направление на светило, т.е. его компасный пеленг КП, тогда величина и знак поправки компаса определяются по формуле $\Delta K = ИП - КП$.

Истинный пеленг светила, равный азимуту его в круговом счете, в море вычисляют по формулам, таблицам, номограммам, приборам или ЭВМ. Азимут является функцией трех аргументов, т.е. $A = A_1(\varphi, \delta, t) = A_2(\varphi, \delta, h) = A_3(\varphi, h, t) = A_4(h, \delta, t) = A_5(\varphi, q, t)$.

Формулы для вычисления азимута в этих методах получаются из параллактического треугольника zPnC (рисунок).



Параллактический треугольник

На практике могут быть применены два способа наблюдений: *метод моментов* и *метод высот*. В первом случае одновременно со взятием компасного пеленга КП замечают точное гринвичское время, а во втором – измеряют высоту пеленгуемого светила.

Метод моментов. Если при пеленговании светила замечен момент по хронометру и сняты с карты координаты φ и λ , то треугольник zPnC решается с полученными широтой φ , склонением δ , часовым углом t по формуле котангенсов, и после упрощений получаем

$$\operatorname{ctg} A = \operatorname{tg} \delta \cos \varphi \operatorname{cosec} t - \sin \varphi \operatorname{ctg} t.$$

По формуле или по составленным применительно к ней таблицам или номограммам вычисляют азимут в полукруговом счете, переводят в круговой счет и принимают за истинный пеленг ИП. Метод моментов является наиболее распространенным, так как он универсален – его можно применять в любое время и к любому светилу, кроме того, он практически удобен.

Метод высот. Если при пеленговании светила измерена или заранее вычислена его высота, а также получены широта φ и склонение δ , то из параллактического треугольника zPnC по формуле косинуса стороны PnC можно получить азимут светила:

$$\cos A = \sin \delta \sec \varphi \operatorname{sech} - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tgh}.$$

Этот метод применяется в частных случаях, когда высоту можно вычислить заранее, например, для видимого восхода (захода) края Солнца или для его истинного восхода.

При плавании судна в Северном полушарии поправка компаса может быть определена по азимуту Полярной звезды: при высотах $15-17^0$ без помощи откидного зеркала и до $40-50^0$ – с откидным зеркалом.

Полярное расстояние Полярной звезды составляет приблизительно $0,9^0$, что свидетельствует о том, что в суточном движении она описывает параллель вокруг Северного полюса мира. Вследствие этого высота Полярной звезды приблизительно равна широте места наблюдателя, т.е. $h \approx \varphi$.

Азимут Полярной звезды находится в пределах от 0^0 при кульминации и до $1,2^0$ NE или NW. Это позволяет получить упрощенную формулу для расчета азимута Полярной: $\sin A = \sin \Delta \times \sin t_M \times \sec h$., по которой для разных значений широты φ и звездного времени S_M вычислена таблица «Азимут Полярной» в МАЕ.

Гирокомпас используется для получения курсов и пеленгов. В первом случае он применяется как курсоуказатель, по показаниям которого судно следует длительное время. При использовании гирокомпаса в качестве курсоуказателя необходимо знать его постоянную поправку (ΔGK), характеризующую среднее положение равновесия его чувствительного элемента (ЧЭ).

Постоянная поправка гирокомпаса (ΔGK) определяется при установившемся режиме его работы по ряду мгновенных его поправок, наблюденных не менее чем за 2,5–3 ч. Элементы движения судна в этот срок должны быть неизменными.

При экстренной съемке с якоря (бочки или швартовов) следует учитывать ΔGK , полученную из прежних наблюдений.

Для вычисления постоянной поправки гирокомпаса (ΔGK_{Π}) применяется формула

$$\Delta GK_{\Pi} = \frac{\sum_1^n \Delta GK_i}{n},$$

где $\sum_1^n \Delta GK_i$ – алгебраическая сумма значений мгновенных поправок, определенных с интервалом 10–15 мин.

Время 2,5–3 ч берется из того расчета, что именно за это время главная ось ЧЭ ГК совершает полный «цикл» отклонений относительно линии $N_{ГК}$.

Мгновенная поправка гирокомпаса вычисляется по формуле

$$\Delta GK' = ИП - КП,$$

где ИП и КП – истинный (эталонный) и компасный пеленги ориентира соответственно.

Ориентирами для измерения пеленгов могут быть:

- небесное светило;
- теодолитный пост;
- створ;
- отдаленный ориентир, положение которого известно.

Мгновенную поправку ГК можно также определить по сличению с показаниями другого курсоуказателя, поправка которого известна.

Одним из важнейших условий обеспечения безопасности управления судном является определение поправки гирокомпаса и средства и методы мореходной астрономии с этой задачей вполне справляются, оставаясь автономной резервной системой определения поправки и места судна.

Библиографический список

1. Титов Р.Ю., Файн Г.И. Мореходная астрономия. М.: Транспорт, 1984. 252 с.
2. Красавцев Б.И. Мореходная астрономия. М.: Транспорт, 1986. 255 с.
3. <https://lektsii.org/6-60511.html>.
4. <https://lib.kgmtu.ru/wp-content/uploads/no-category/4583.pdf>.

Дмитрий Артурович Галимуллин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-512, Россия, Владивосток, e-mail: dmitriy.galimullin.offbox@mail.ru

Научный руководитель – Роман Николаевич Алифанов, канд. техн. наук, доцент

Исследование альтернативных методов повышения точности лагов

Аннотация. Автономное определение путевой скорости и угла сноса судна всегда являются одними из важнейших задач в судовождении. Это определяет повышенные требования к технико-экономическим характеристикам лагов, поскольку информация от них совместно с данными от приборов курсоуказания позволяет осуществить непрерывное и автономное счисление и используется для исключения методических погрешностей других технических средств навигации.

Ключевые слова: лаг, доплеровский лаг, точность, скорость, погрешность.

Dmitriy A. Galimullin

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-512, Russia, Vladivostok, e-mail: dmitriy.galimullin.offbox@mail.ru

Scientific adviser – Roman N. Alifanov, PhD, Associate Professor

Research of Alternative Methods for Improving Log Accuracy

Abstract. Autonomous determination of the ground speed and drift angle of the vessel is always one of the most important tasks in navigation. This determines the increased requirements for the technical and economic characteristics of the logs, since the information from them, together with the data from the heading devices, makes it possible to carry out continuous and autonomous reckoning and is used to eliminate the methodological errors of other technical navigation aids.

Keywords: log, doppler log, accuracy, velocity, error.

Введение

Доплеровский лаг предназначен для измерения продольной составляющей скорости движения судна и пройденного им расстояния. Цифровая индикация величины скорости судна при символьной индикации направления движения судна на дисплее, установленном в штурманской рубке, и репитерах, устанавливаемых в ходовой рубке и других местах, позволяет определять в любой момент времени относительную или абсолютную скорость судна для использования в навигационных и других целях, в том числе в составе навигационных комплексов.

Доплеровский лаг измеряет скорость судна на основе эффекта Доплера, который заключается в том, что сигнал, излученный с движущегося объекта, принимается неподвижным наблюдателем со смещением частоты, причем степень смещения частоты пропорциональна скорости движущегося объекта.

Основные погрешности доплеровского лага

Основными источниками погрешности доплеровских лагов могут стать:

- неточность измерения средней частоты доплеровского спектра;
- изменение скорости звука в морской воде;
- изменение углов наклона лучей антенной системы;
- наличие вертикальных составляющих скорости судна;
- погрешности, допущенные при монтаже антенной системы на судне;
- погрешности, порождаемые неудачным выбором места установки антенн на судне.

В общем случае погрешность измерения скорости судна зависит от соответствия действительной скорости распространения звука в морской воде тому ее значению, которое используется в расчетных алгоритмах лага. Наиболее часто вычисления производятся для скорости, равной 1500 м/с. Отклонение скорости звука от указанного расчетного значения может достигать 4 %. Соответственно, погрешность измерения скорости судна без принятия специальных мер будет достигать такой же величины. Поскольку наименее стабильным фактором, влияющим на скорость звука, является температура морской воды, то для ее автоматического определения в состав лага вводят специальный датчик температуры – термистор, который обычно помещают в одном корпусе с акустической антенной. При этом погрешность, порождаемая указанным фактором, может быть снижена примерно до 0,2 % от указанной погрешности свободных лагов, использующих антенные решетки.

Методы повышения точности доплеровских лагов

Компенсация влияния непостоянства скорости звука в воде (с).

Скорость звука в морской воде изменяется в пределах $\pm 5\%$ от 1500 м/с, возникают недопустимо большие погрешности, поэтому применяют следующие способы компенсации этой погрешности:

Метод прямого измерения вблизи места установки акустической антенны:

- это осуществляется с помощью специальных устройств – скоростометров, обладающих высокой точностью, характеризуемой сотыми долями процента.

Данный способ применяется, когда от лага требуется высокая точность.

Использование апробированных эмпирических формул (косвенный способ определения с). Наиболее часто применяется формула Вильсона:

$$c = 1449,2 + 4,623 * T - 0,0546 * T^2 + 1,391 * (S - 35)$$

где с – скорость звука в воде, м/с; Т – температура воды, °С; S – соленость воды, ‰.

Надо учитывать лишь влияние Т, и для этого вблизи антенны лага располагают датчик температуры – термистор. Влияние изменения S учитывают, вводя ручную поправку. Удастся обеспечить погрешность в определении с около 0,1 %.

Метод обеспечения постоянного (неизменного) значения с путем стабилизации температуры жидкости (технические масла), омывающей со всех сторон блок акустического преобразователя (нижняя поверхность преобразователя соприкасается с заборной водой). Система автоматической стабилизации Т° содержит простейший нагреватель и термоконтакт, настроенный на определенную Т°.

Метод, заключающийся в компенсации неустойчивости с за счет синхронного изменения частоты излучаемого сигнала f_0 – причем скоростометр выступает в качестве прямого регулятора указанной частоты.

Метод стабилизации отношения $(c/\cos\Theta_0)$ при $f_0 = \text{const}$.

Для этого применяют частотно-независимые антенны (в доплеровском смысле), обладающие слабой направленностью.

Снижение влияния статических углов отклонения судна, качки.

Стабилизация по отношению к плоскости истинного горизонта антенны. Это достигается путем установки антенны в кардановом подвесе и придания ей положительного маятникового эффекта (заметное улучшение может быть достигнуто лишь при качке с большим периодом).

Более эффективным является размещение антенны на стабилизированной в плоскости горизонта платформе.

Снижение флюктуационных погрешностей – их сглаживание путем временного усреднения результатов измерений за некоторое время T_0 .

В открытом море величина T_0 осреднения может составлять 150–300 с и тогда точность измерения скорости будет высокой и погрешность составит 0,005–0,1 % (при обычно применяемых частотах $f_0 = 200\text{--}300$ кГц). При плавании в стесненных условиях значение T_0 , превышающее 15 с, будет уже чрезмерным и, наконец, при швартовке T_0 должно быть не более 15 с. Для получения высокой точности при малом значении T_0 (при швартовке) надо использовать $f_0 = 1\text{--}2$ МГц.

Заключение

При правильном выборе схемы и параметров лага общая погрешность, измерения средней доплеровской частоты мала и составляет доли процента.

Библиографический список

1. Абсолютные и относительные лаги / К.А. Виноградов, В.Н. Кошкарев, Б.А. Осюхин, А.А. Хребтов: справочник. Л.: Судостроение, 1990. 264 с.
2. Смирнов, Е.Л. Технические средства судовождения. Т. 2. Конструкция и эксплуатация: учебник для вузов / Е.Л. Смирнов и др. СПб.: Элмор, 2000. 656 с.

Лев Дмитриевич Ганжа

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-212, Россия, Владивосток

Данила Александрович Кудюров

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-212, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Виктор Павлович Щербатюк, старший преподаватель

**Анализ нормативно-правовой документации в вопросах
безопасной эксплуатации технических средств судовождения**

Аннотация. Суда должны иметь на борту различные сертификаты и документы, чтобы действовать легально и свободно торговать как на национальном, так и на международном уровне. Морская промышленность обычно использует термины «сертификаты» и «документы» взаимозаменяемо. Однако технически сертификаты подтверждают факт, а документы предоставляют доказательства соответствия стандарту. Целью данной статьи является анализ нормативно-правовой документации в вопросах безопасной эксплуатации технических средств судовождения.

Ключевые слова: безопасность судовождения, нормативно-правовая документация, сертификаты, документы.

Lev D. Ganzha

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-212, Russia, Vladivostok

Danila A. Kudyurov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-212, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Victor P. Sherbatuk, Senior Lecturer

**Analysis of regulatory and legal documentation
on the safe operation of navigation equipment**

Abstract. Vessels must have various certificates and documents on board in order to operate legally and trade freely both nationally and internationally. The marine industry usually uses the terms “certificates” and “documents” interchangeably. However, technically the certificates confirm the fact, and the documents provide evidence or evidence of compliance with the standard. The purpose of this article is to analyze the regulatory and legal documentation on the safe operation of navigation equipment.

Keywords: navigation safety, regulatory and legal documentation, certificates, documents.

С момента создания ИМКО (бывшая ИМО) она унаследовала существующие международные правила и ввела целый ряд новых мер в форме конвенций, рекомендаций и других документов. Наиболее известными и наиболее важными из этих мер являются конвен-

ции, три из которых имеют особое отношение к судоходству. Это Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (СОЛАС), 1974 г.; Конвенция о международных правилах предотвращения столкновений судов на море (КОЛРЕГ), 1972 г. и Международная конвенция о стандартах подготовки, аттестации и несения вахты моряков (ПДНВ), 1978 г.

Помимо Конвенций ИМО также приняла ряд резолюций и кодексов, включая руководящие принципы по вопросам навигации и стандарты эксплуатационных характеристик судового навигационного оборудования и оборудования радиосвязи. Некоторые из них являются просто рекомендациями, хотя их широкое признание настолько велико, что они фактически определяют международную политику, в то время как другие упоминаются в соответствующих положениях конкретных конвенций, что придает им тот же вес, что и самим положениям Конвенции

Комитет по безопасности на море (MSC) Организации уполномочен осуществлять надзор за международной нормативной базой по безопасности судоходства, а его вспомогательные органы, в частности Подкомитет по навигации, связи и поиску и спасанию (NCSR), оказывают содействие во всех технических вопросах безопасности судоходства, включая, в частности, анализ и утверждение мер по прокладке маршрутов судов и систем судовой отчетности.

Все государства флага, как правило, требуют нормативных сертификатов и документов для торговых судов, а также конвенций ИМО и других международных договоров. ИМО является учреждением Организации Объединенных Наций, которое устанавливает стандарты для международного судоходного сообщества. ИМО насчитывает более 171 государства-члена или государства флага, и она представляет правительства, компании и трудовые интересы в этих государствах.

Нижеследующие сертификаты и документы представляют собой неполный перечень международных нормативных или нормативных сертификатов и документов, с которыми должны быть знакомы моряки.

Первичные нормативные сертификаты:

1. Сертификат классификации

Сертификат классификации от квалифицированного классификационного общества удостоверяет конструктивное состояние судна, а также проверяет надежность и функционирование двигательной и рулевой систем, выработки электроэнергии и вспомогательных систем.

В сертификате указывается, что судно соответствует правилам классификационного общества, но документ не выступает гарантией безопасности, пригодности по назначению или мореходности судна. Для регистрации судна государством его флага требуется этот сертификат.

2. Свидетельство о регистрации

Свидетельство о регистрации – это обязательное свидетельство, требуемое местным законодательством и Конвенцией Организации Объединенных Наций по морскому праву. Торговые суда должны быть зарегистрированы в государстве флага и иметь Свидетельство о регистрации с подробным описанием и подтверждением этой регистрации. Этот торговый сертификат содержит важную информацию о судне и владельце судна, включая следующее.

- **Сведения о судовладельце:** сведения о судовладельце или владельцах, включая их имя, адрес, процент владения и другую информацию.
- **Сведения о судне:** подробная информация о судне, включая его длину, ширину, глубину, валовой тоннаж и место постройки судна.
- **Сведения о судовом двигателе:** подробная информация о судовом двигателе, включая марку и модель, а также описание двигателя.

Судовладельцы должны соответствовать конкретным требованиям, установленным государством флага, чтобы иметь право на получение свидетельства о регистрации. Эти

требования могут варьироваться в зависимости от страны, но могут включать наличие классификационного сертификата, сертификата строителя с подробной информацией о судне и сертификата о продаже текущему владельцу или владельцам. Суда могут получить сертификат регистрации от государственных или частных агентств, называемых регистрами.

3. Сертификаты SOLAS

Одним из наиболее эффективных международных договоров, регулирующих торговые суда, является Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (СОЛАС). ИМО впервые приняла Конвенцию СОЛАС в 1914 г. после потопления «Титаника», и с тех пор она претерпела несколько изменений, причем последняя версия была принята в 1974 г. Конвенция СОЛАС устанавливает нормы безопасности для оборудования, строительства и эксплуатации торговых судов. Суда стран-участниц должны иметь на борту различные сертификаты SOLAS, в том числе следующие.

- **Международный сертификат оборудования для обеспечения безопасности судов:** этот сертификат подтверждает эксплуатационную готовность всего оборудования для обеспечения безопасности судов в соответствии с главой III СОЛАС. Международный сертификат судостроения.

- **Международный сертификат радиосвязи безопасности судов:** в этом сертификате указано минимальное количество членов экипажа, необходимое для безопасной эксплуатации судна, как это установлено в главе V СОЛАС.

- **Международный сертификат судостроения:** в соответствии с требованиями главы II-1 СОЛАС этот сертификат подтверждает безопасную и надежную конструкцию судна. Этот сертификат также должен сопровождаться различными документами, включая строительные чертежи, планы контроля повреждений и технический файл покрытия, среди прочего.

- **Международный сертификат радиосвязи безопасности судов:** глава IV СОЛАС требует, чтобы грузовые и пассажирские суда перевозили соответствующее радиооборудование в международных рейсах. Этот сертификат подтверждает, что судно имеет необходимое оборудование и что оно находится в хорошем рабочем состоянии.

- **Сертификат управления безопасностью (SMC):** этот сертификат подтверждает, что судно соответствует Международному кодексу управления безопасностью, в котором изложены стандарты безопасной эксплуатации и управления судами в море. SMC длится пять лет, а проверка соответствия проводится между вторым и третьим годом.

- **Международный сертификат безопасности судов (ISSC):** ISSC проверяет, соответствует ли судно правилам безопасности на море, изложенным в главе XI-2 СОЛАС и части A Международного кодекса безопасности судов и портовых средств.

По состоянию на октябрь 2018 г. Конвенция СОЛАС 1974 г. насчитывала 165 договаривающихся государств, на долю которых приходилось более 99 % мирового валового тоннажа торговых судов. Таким образом, сертификаты SOLAS являются обязательными для подавляющего большинства грузовых судов и других морских судов.

4. Сертификаты MARPOL

Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов, называемая Конвенцией МАРПОЛ, является одним из наиболее важных международных морских договоров, касающихся охраны окружающей среды. Этот договор, также называемый МАРПОЛ 73/78, впервые был введен в действие в 1973 г., а затем изменен в 1978 г. МАРПОЛ – это сокращение от «загрязнение моря», конвенция направлена на сведение к минимуму загрязнения от сбросов, нефти, загрязнения воздуха и других вредных веществ. Конвенция МАРПОЛ требует, чтобы суда государств-участников имели несколько установленных законом сертификатов, включая следующие:

- **Международный сертификат по предотвращению загрязнения нефтью (IOPP):** этот сертификат, требуемый в соответствии с приложением I к МАРПОЛ, включает стандарты для разделения маслянистой воды, фильтрующего оборудования и оборудования

для контроля сброса нефти. Сертификат ИОРР необходим для нефтяных танкеров, судов, перевозящих нефть в качестве груза, и судов, перевозящих бункеровочное масло в качестве топлива.

- **Международный сертификат предотвращения загрязнения для перевозки вредных жидких веществ насыпью:** также называемый сертификатом NLS, этот документ подтверждает, что суда, перевозящие вредные жидкие вещества насыпью, соответствуют стандартам сброса остатков, содержащих загрязняющие вещества.

- **Международный сертификат предотвращения загрязнения сточных вод:** Приложение IV МАРПОЛ требует, чтобы суда контролировали загрязнение морской среды сточными водами. Этот сертификат детализирует резервуар для хранения сточных вод судна и его емкость или очистную установку сточных вод судна в зависимости от того, какое оборудование имеет судно, и перечисляет, сколько людей сертифицировано для канализационной системы.

- **Международный сертификат предотвращения загрязнения воздуха:** этот сертификат подтверждает соблюдение требований Приложения VI МАРПОЛ в отношении загрязнения воздуха, включая ограничения на выбросы летучих органических соединений, оксидов азота, серы и других загрязняющих веществ, а также правил, касающихся мусоросжигательных установок, качества топлива и систем очистки выхлопных газов.

- **Международный сертификат энергоэффективности (ИЕЕС):** ИЕЕС, добавленный в Конвенцию МАРПОЛ в 2011 г., проверяет соответствие судна требованиям энергоэффективности. Этот сертификат специфичен для каждого судна и подлежит инспекциям и аудитам.

Сертификаты МАРПОЛ являются обязательными для судов, зарегистрированных в одном из 158 договаривающихся государств, и обязательными для судов, желающих торговать со странами-участницами МАРПОЛ. По состоянию на 2019 г. на суда договаривающихся государств МАРПОЛ приходилось более 99 % мирового тоннажа.

5. Международный сертификат противообрастающей системы

Еще одним морским сертификатом, направленным на защиту окружающей среды, является сертификат Международной противообрастающей системы. Это мандат Международной конвенции о контроле за вредными противообрастающими системами на судах, был принят в 2001 г. Этот сертификат подтверждает, что судовая противообрастающая система не содержит вредных органотинных соединений. Это также подтверждает наличие защитного покрытия для предотвращения выщелачивания органотинных соединений из противообрастающей краски на корпусе судна или другой внешней поверхности.

6. Международный сертификат грузовой линии

Международная конвенция о грузовых линиях устанавливает правила определения грузовых линий судна, учета сезонов и зон, а также факторов конструкции судна, таких как качество водонепроницаемых дверей и сливных пробок водонепроницаемых отсеков. Конвенция устанавливает шесть грузовых линий, которые должны быть обозначены на всех судах:

- Лето.
- Тропические.
- Зима.
- Зима Северная Атлантика.
- Пресная вода.
- Тропическая пресная вода.

Грузовые суда, перевозящие древесину, должны иметь второй набор маркировки грузовых линий, соответствующих каждому сезону.

Грузовые линии, требуемые настоящей конвенцией, представляют собой максимальный груз, который может выдержать судно при сохранении минимального предела надводного борта. Соблюдение требований к грузовой линии обеспечивает устойчивость судна и предотвращает чрезмерную нагрузку на корпус судна. Суда, зарегистрированные в

государствах флага, ратифицировавших настоящую конвенцию, должны иметь Международное свидетельство о грузовой линии, которое подлежит ежегодному обновлению, или международное свидетельство об освобождении от грузовой линии, если судно получило освобождение.

7. Международный сертификат тоннажа

Принятая в 1969 г. и вступившая в силу в 1982 г. Международная конвенция об измерении тоннажа судов установила универсальную систему измерения тоннажа судов. Суда, зарегистрированные в государствах-участниках или торгующие с ними, должны иметь установленный законом международный сертификат тоннажа, в котором перечислены валовой тоннаж (GT) и чистый тоннаж (NT) судна.

ГТ судна позволяет рассчитать правила безопасности, правила безопасного укомплектования и регистрационные сборы. Как GT, так и NT играют важную роль в расчете сборов в портах, что делает международный сертификат тоннажа критически важным для международной торговли.

8. Сертификаты для капитанов, офицеров и рейтингов

Международная конвенция о стандартах подготовки, сертификации и несения вахты моряков (ПДНВ) требует, чтобы все моряки, работающие на торговых судах и яхтах, имели и носили надлежащие сертификаты. Весь экипаж, включая офицеров, капитанов и вахтенный персонал, должен соответствовать квалификационным стандартам обучения, сертификации и несения вахты, изложенным в STCW.

Сертификаты, требуемые STCW, являются обязательными для судов, зарегистрированных в странах-участницах конвенции, и обязательными для судов, посещающих порты стран-участниц. В 2019 г. насчитывалось 165 сторон Конвенции ПДНВ, что составляет более 99 % мирового тоннажа.

9. Морские трудовые сертификаты

Все коммерческие суда, участвующие в международной торговле, должны иметь морское трудовое свидетельство, выданное Международной организацией труда (МОТ) и ИМО. Требуя этого сертификата, Конвенция МОТ затрагивает широкий спектр трудовых и социальных вопросов, включая политику занятости, заработную плату, трудовые контракты и производственные отношения.

В 2006 г. Конвенция о труде в морском судоходстве установила стандарты условий труда и размещения на судах, а также минимальные требования к занятости, медицинскому обслуживанию и многому другому. После прохождения инспекции судно получает свидетельство о труде в море, подтверждающее его соответствие стандартам настоящей конвенции. Государства флага, которые еще не ратифицировали настоящую конвенцию, могут установить программу добровольной проверки соответствия для своих судов до тех пор, пока их свод законов не примет и не кодифицирует ее.

Юлия Анатольевна Данилова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-512, Россия, Владивосток, e-mail: danilova7231@gmail.com

Игорь Алексеевич Пестриков

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-512, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Роман Николаевич Алифанов, канд. техн. наук, доцент

**Исследование повышения точности работы магнитного компаса КФ-1
для улучшения безопасности судовождения**

Аннотация. Достаточная точность работы судовых приборов является неотъемлемой составляющей безопасности судовождения. В число данных устройств входит магнитный компас. Морские магнитные компасы – основные навигационные приборы, которые служат для определения курса судна и направлений на береговые предметы и небесные светила. Магнитные компасы просты по устройству и безотказны в работе. Они не связаны ни с источниками энергии, ни с какими-либо другими приборами, их стоимость относительно небольшая. Все морские суда снабжаются магнитными компасами, независимо от наличия на них гирокомпасов. Рассмотрены методы устранения девиации при использовании магнитного индукционного компаса КФ-1.

Ключевые слова: безопасность, компас, девиация, судовождение.

Yuliya A. Danilova

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-512, Russia, Vladivostok, e-mail: danilova7231@gmail.com

Igor A. Pestrikov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-512, Russia, Vladivostok

Scientific supervisor – Roman N. Alifanov, PhD, Associate Professor

**Investigation of improving the accuracy of the KF-1 magnetic compass
to improve navigation safety**

Abstract. Sufficient accuracy of the ship's instruments is an integral component of navigation safety. These devices include a magnetic compass. Marine magnetic compasses are the main navigation devices that serve to determine the course of the vessel and directions to coastal objects and celestial bodies. Magnetic compasses are simple in design and trouble-free in operation. They are not connected either with energy sources or with any other devices, and besides, their cost is relatively small. All sea vessels are equipped with magnetic compasses, regardless of the presence of gyrocompasses on them. In this paper, the methods of eliminating deviation when using the magnetic induction compass KF-1 were considered.

Keywords: safety, compass, deviation, navigation.

Принцип функционирования магнитного индукционного компаса КФ-1

Рассматриваемый нами компас отвечает применимым требованиям ч. V Правил по оборудованию морских судов Российского морского регистра судоходства (изд. 2015), Резолюции ИМО А. 694(17). Предназначен для измерения, отображения и трансляции магнитного и истинного курса судна в качестве дополнительного, резервного и аварийного указателя курса как части навигационной системы, так и независимо.

Устройство непрерывно измеряет и показывает курс по компасу. После выполнения работы по отклонению он указывает магнитный курс, а после ручного ввода магнитного склонения указывает истинный курс судна.

Устройство показывает истинный курс при следующих условиях эксплуатации:

- индукция горизонтальной составляющей магнитного поля Земли от 2 до 30 мкТ;
- при температуре окружающей среды от 0 до 40 °С;
- при относительной влажности воздуха до 98 % и температуре 35 °С;
- бортовая качка с амплитудой до 30° и периодом (7–16) с;
- качка с амплитудой до 10° и периодом (6–10) с;
- рыскание с амплитудой до 5° и периодом (5–10) с;
- при скорости движения вперед до 50 уз.

Внешний вид магнитного индукционного компаса КФ-1 приведен на рис. 1, 2, 3.

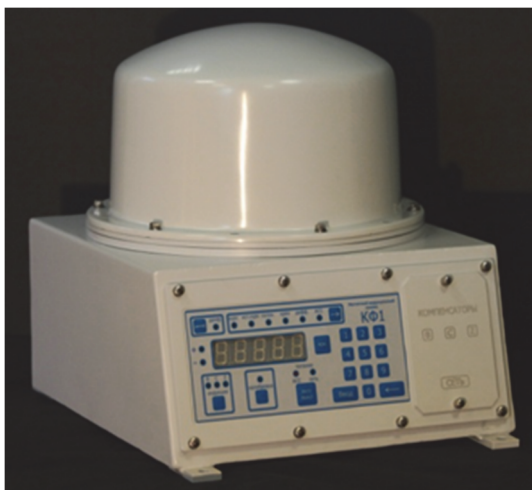


Рисунок 1 – Внешний вид центрального прибора (ЦП)



Рисунок 2 – Внешний вид репитера МИК КФ-1

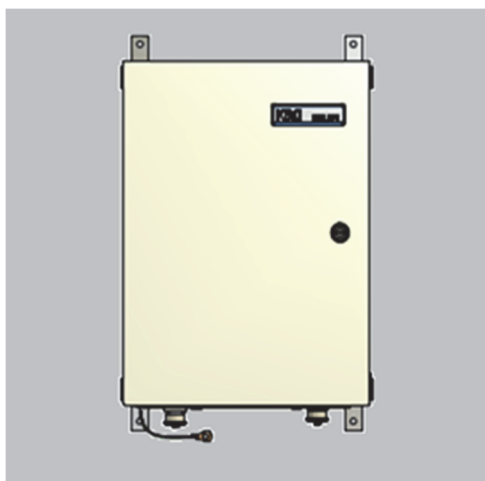


Рисунок 3 – Внешний вид компенсатора электромагнитной девиации (КЭД)

Структурная схема изделия представлена на рис.4.

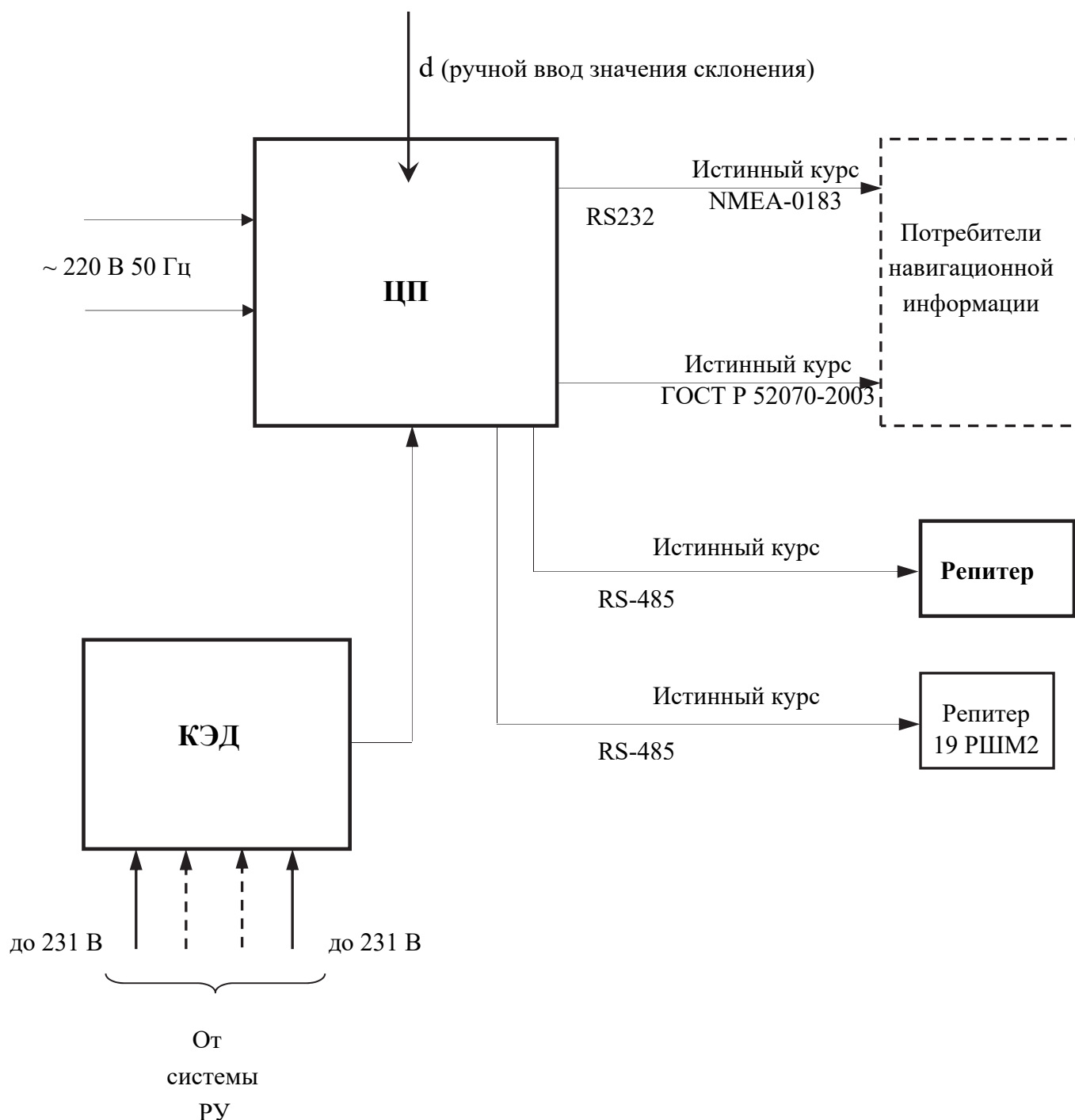


Рисунок 4 – Структурная схема изделия

Изделие является магнитным индукционным курсоуказателем с первичными преобразователями (датчиками), жестко связанными с судном. Датчиками служат три взаимно перпендикулярных магниторезистора, индуктивное сопротивление которых зависит от модулей составляющих вектора суммарной индукции магнитных полей Земли и судна. Конструктивно датчики установлены в одном модуле.

В состав изделия входят два акселерометра (датчика ускорений) маятникового типа для преобразования в электрические сигналы углов крена и дифферента судна. Эти сигналы служат для вычисления процессором изделия модулей и направлений проекций состав-

ляющих суммарного вектора индукции на плоскость палубы, направленных параллельно продольной оси судна B_x и перпендикулярно этой оси B_y .

Компасный курс (КК) в изделии вычисляется по формуле

$$KK = \arctg B_y / B_x. \quad (1)$$

Для уничтожения девиации (отклонения компасного курса от магнитного курса судна), создаваемой намагниченными судовыми конструкциями, изделие снабжено компенсаторами магнитных полей.

Для уничтожения электромагнитной девиации (для судов, имеющих систему размагничивания) изделие снабжено компенсатором электромагнитных полей изменений девиации от воздействия обмоток РУ.

Изменения девиации, вызванные изменениями намагниченности судовых (корабельных) конструкций, исключаются из показаний курса при использовании режима «КАЛИБРОВКА» процессора. Программа калибровки предусматривает использование текущих значений B_x , B_y и КК на циркуляции судна для вычисления приращений ΔB_x и ΔB_y . Для этого процессор приводит форму и размеры годографа (кривой, описываемой концом суммарного вектора B_x и B_y на циркуляции) к окружности с центром в начале координат, при которой девиация отсутствует на любом курсе судна.

После ручного ввода магнитного склонения района плавания, снятого с навигационной карты, изделие индицирует и транслирует истинный курс судна.

Принцип действия изделия состоит в измерении трех взаимно перпендикулярных компонент магнитной индукции, представляющих собой после уничтожения девиации проекции вектора индукции полного вектора МПЗ на продольную, поперечную и вертикальную оси прибора ЦП. По данным этих измерений с учетом углов крена и дифферента, измеряемыми двумя взаимно перпендикулярными акселерометрами, определяется отклонение продольной оси прибора ЦП, совпадающей с продольной осью корабля, от магнитного меридиана, т.е. магнитный курс корабля.

Измерение составляющих индукции магнитного поля в месте установки его центрального прибора B_x , B_y , B_z производится трёхкомпонентным чувствительным элементом (ЧЭ), который размещен внутри корпуса блока чувствительных элементов прибора ЦП.

Для определения компасного курса (КК) служит вычислительное устройство, обеспечивающее вычисление курса по формуле

$$KK = \arctg B_y / B_x, \quad (2)$$

где B_x и B_y – значения магнитной индукции, действующие в горизонтальной плоскости вдоль продольной и поперечной осей судна.

Вычислительное устройство изделия непрерывно и автоматически вычисляет компасный курс. После выполнения первых девиационных работ изделие индицирует магнитный курс, после ручного ввода магнитного склонения индицирует и транслирует внешним потребителям истинный курс судна.

В процессе эксплуатации после выполнения судном одной или двух циркуляций вычислительное устройство позволяет полуавтоматически выполнять учет и исключение из его показаний изменение девиации.

Методы повышения точности магнитного компаса

Для того чтобы повысить точность работы магнитного компаса, мы должны проводить следующие девиационные работы:

- уничтожение электромагнитной девиации у пирса;
- уничтожение креновой девиации;
- уничтожение полукруговой девиации;
- уничтожение четвертной девиации.

Рассмотрим каждый из этих методов подробнее.

Уничтожение электромагнитной девиации у пирса (если есть РУ).

Электромагнитная девиация, вызываемая включением секций системы РУ, должна быть скомпенсирована до начала ходовых испытаний на ошвартованном корабле с точностью $\pm 0,1$ мкТл по осям X и Y и $\pm 0,3$ мкТл по оси Z прибора ЦП от каждой секции системы РУ.

Электромагнитная девиация компенсируется по следующей методике:

- включить систему РУ на максимальные токи для данной зоны на 30 мин, выключить систему РУ;
- включить изделие. Включить измерение составляющих индукции кнопкой «Индукция»;
- включить кнопкой Z измерение и индикацию вертикальной составляющей индукции магнитного поля, действующего на прибор ЦП;
- снять крышку, закрывающую потенциометры и тумблеры прибора ЦП;
- включить первую секцию (ОГ, ОГИ, ОШТ) системы РУ на максимальный ток для данной зоны;
- ручкой потенциометра Z -й группы прибора КЭД, к которой подключена данная секция РУ, что определяется по свечению индикатора прибора КЭД, с использованием, при необходимости, переключения полярности тока регулирования привести отсчет на табло прибора ЦП к первоначальному с точностью не хуже $\pm 0,3$ мкТл;
- не выключая работающую секцию системы РУ, включить последовательно следующие секции на максимальные токи. Секция КБ обтекается максимальным током при установке в приборе управления РУ магнитного курса 90^0 (270^0), секция КШ – магнитного курса 0^0 (180^0);
- скомпенсировать аналогично приращения индукции ручками потенциометров Z соответствующих групп прибора (приборов) КЭД;
- выключить систему РУ;
- переключить индикацию индукции на составляющую «В». Аналогично привести отсчет к минимуму потенциометром и при необходимости тумблером B прибора ЦП;
- последовательно включая секции системы РУ на максимальные токи, приводить отсчеты на табло прибора ЦП к первоначальным с точностью не хуже $\pm 0,1$ мкТл потенциометрами «В» группы прибора (приборов) КЭД, при необходимости изменяя полярность тока регулирования на обратную с помощью тумблеров;
- выключить систему РУ;
- переключить индикацию индукции на составляющую «С». Аналогично скомпенсировать составляющую полей секций РУ потенциометрами «С» прибора (приборов) КЭД с точностью не хуже $\pm 0,1$ мкТл.

Уничтожение креновой девиации (компенсация вертикальной составляющей индукции магнитного поля корабля).

Вертикальная составляющая индукции магнитного поля корабля в месте размещения прибора ЦП должна быть скомпенсирована компенсатором Z прибора ЦП с точностью не менее $\pm 0,5$ мкТл.

Вертикальная составляющая индукции магнитного поля корабля (судна) в месте размещения прибора ЦП равна $\lambda \cdot B_z$.

Уничтожение креновой девиации выполняют по следующей методике:

- включить изделие на измерение составляющей Z индукции магнитного поля. Лечь на магнитный курс $90^0 \pm 5^0$ или $270^0 \pm 5^0$ по показаниям гирокурсоуказателя. Значение истинного курса, соответствующего магнитному курсу, определяется по формуле

$$KK_{ГКУ} = MK + d, \quad (3)$$

где d – склонение, снятое с карты полигона;

- привести значение индукции Z , индицируемое на табло прибора ЦП, к значению $\lambda \cdot B_z$, где B_z – значение, измеренное на берегу потенциометром Z прибора ЦП с использованием при необходимости тумблера Z для изменения полярности.

При выполнении приближенной компенсации принять значение $\lambda = 0,8$. Использовать значение B_z , полученное в береговых условиях.

Уничтожение полукруговой девиации.

Полукруговая девиация изделия должна быть скомпенсирована компенсаторами B и C прибора ЦП с точностью не менее $\pm 2,5^\circ$.

Уничтожение полукруговой девиации проводится по одной из двух методик:

- На главных компасных курсах ($0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$). Корабль ложится на указанные курсы по показаниям прибора P или ЦП изделия при нулевом значении введенного склонения и нулевых положениях потенциометров B и C прибора ЦП.

На компасных курсах 0° и 180° измеряют составляющую индукции B с учетом знаков, приводят значение B на втором из данных курсов к полуразности отсчетов потенциометром B с точностью не менее $\pm 0,3 \text{ мкТл}$.

Аналогично, на компасных курсах 90° и 180° измеряют составляющую C и приводят значение C на втором из данных курсов к полуразности измеренных значений потенциометром C с точностью не менее $\pm 0,3 \text{ мкТл}$.

Контроль уничтожения полукруговой девиации выполняют на магнитных курсах $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$.

Для этого необходимо лечь по гирокурсоуказателю (ГКУ) на курсы:

$$KK_{ГКУ} = MK + d - \Delta ГКУ, \quad (4)$$

где $KK_{ГКУ}$ – курс по ГКУ; MK – магнитный курс; d – склонение, снятое с карты полигона; $\Delta ГКУ$ – поправка ГКУ.

Девиацию определить по формуле

$$\delta = MK - KK, \quad (5)$$

где KK – компасный курс по показаниям изделия.

- На главных магнитных курсах $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$. Корабль ложится на указанные курсы. Значения курсов по гирокурсоуказателю, соответствующие главным магнитным курсам, определяют по формуле

$$KK_{ГКУ} = MK + d - \Delta ГКУ. \quad (6)$$

На $MK 0^\circ (180^\circ)$ девиацию, определенную по формуле

$$\delta = MK - KK, \quad (7)$$

уменьшают потенциометром C до нуля, на $MK 180^\circ (0^\circ)$ девиацию уменьшают в два раза.

На $MK 90^\circ (270^\circ)$ девиацию уменьшают до нуля потенциометром B , на $MK 270^\circ (90^\circ)$ девиацию уменьшают в два раза.

Определение остаточной полукруговой девиации и при превышении ее значений не менее $\pm 2,5^\circ$ производят повторение работ по вышеуказанной методике после выполнения компенсации четвертной девиации.

Уничтожение четвертной девиации.

Четвертная девиация изделия должна быть скомпенсирована компенсатором четвертной девиации с точностью не менее $\pm 1,5^\circ$.

С прибора ЦП снимают все пластины компенсатора четвертной девиации. Корабль ложится на магнитные курсы (MK) $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$ по показаниям гирокурсоуказателя, начиная с любого из указанных курсов. Показания гирокурсоуказателя, соответствующие данным магнитным курсам, определяют по формуле

$$KK_{ГКУ} = MK + d - \Delta ГКУ. \quad (8)$$

Определить девиацию δ_i на вышеуказанных магнитных курсах по формуле

$$\delta = MK - KK. \quad (9)$$

Затем рассчитывают значения коэффициентов D_0 и E_0 четвертной девиации по формулам

$$D_0 = \frac{(\delta_{45} + \delta_{225}) - (\delta_{135} + \delta_{315})}{4}. \quad (10)$$

$$E_0 = \frac{(\delta_0 + \delta_{180}) + (\delta_{90} + \delta_{270})}{4}, \quad (11)$$

где индексы при δ соответствуют магнитным курсам.

В случае если $E_0 \leq 1^\circ$, выбирают наиболее близкое к полученному значению количество пластин и их положение на приборе ЦП.

Устанавливают оба набора, состоящих из выбранного количества пластин, на выбранное значение размера по линейной шкале и нулевое значение – по угловой шкале прибора ЦП.

Если $E_0 > 1^\circ$, рассчитывают значение D_1 по формуле

$$D_1 = \sqrt{D_0^2 + E_0^2}, \quad (12)$$

Выбирают количество пластин и их положение, обеспечивающее наиболее близкое к рассчитанному по формуле значению D_1 .

Устанавливают оба набора на выбранное значение размера по линейной шкале и поворачивают наборы на угол α по угловой шкале.

Угол α рассчитывают по формуле

$$\alpha = 0,5 \arctg \frac{E_0}{D_0}. \quad (13)$$

Поворот осуществляют по часовой стрелке при отрицательном E_0 и против часовой стрелки – при положительном E_0 .

Определение коэффициента λ .

Коэффициент λ определяют по формуле

$$\lambda = \frac{(B_0 - B_{180}) + (C_{270} - C_{90})}{4B_H}, \quad (14)$$

где B_0, B_{180} – значения индукции B на магнитных курсах $0^\circ, 180^\circ$; C_{90}, C_{270} – значения индукции C на магнитных курсах $90^\circ, 270^\circ$

Если нет магнитомягкого железа, то остаточная полукруговая и четверная девиация учитывается при работе изделия в режиме «КАЛИБРОВКА».

Учет девиации изделия в режиме работы «КАЛИБРОВКА».

Остаточная девиация на магнитных курсах $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$ не должна превышать $\pm 1^\circ$.

Выполнить кораблем одну или две полные циркуляции при работе изделия в режиме «КАЛИБРОВКА».

После циркуляции корабля изделие автоматически переключается в режим «ИСТ.КУРС».

Определить остаточную девиацию на магнитных курсах $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$, при этом корабль должен лежать на каждом курсе не менее 2–3 мин для завершения его переманчивания в магнитном поле Земли.

Остаточная девиация не должна превышать $\pm 1^\circ$.

В случае превышения одного или нескольких значений остаточной девиации по требованию (не должна превышать $\pm 1^\circ$ на магнитных курсах $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$) рассчитывают значение коэффициента A с учетом знаков по формуле

$$A = \frac{\delta_0 + \delta_{45} + \delta_{90} + \delta_{135} + \delta_{180} + \delta_{225} + \delta_{270} + \delta_{315}}{8}. \quad (15)$$

В случае если $A \geq \pm 0,5^\circ$, освобождают крепление блока чувствительного элемента (БЧЭ) прибора ЦП к основанию и поворачивают его относительно вертикальной оси на угол, равный коэффициенту A по отсчету компасного курса на табло прибора при неизменном курсе судна. Поворот осуществляют при положительном значении A против часовой стрелки, при его отрицательном значении – по часовой стрелке.

После поворота датчика прибора и его закрепления на основании значение A вычитают из значений остаточной девиации.

Магнитная девиация изделия после учета коэффициента A считается уничтоженной, если остаточная девиация не превышает $\pm 1^\circ$ на магнитных курсах $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$.

Заключение

Безопасность судоходства – то, к чему мы, будущие специалисты, должны стремиться. В работе были рассмотрены методы повышения точности магнитного компаса КФ-1, так как данный магнитный компас абсолютно соответствует требованиям Морского регистра судоходства. В результате были рассчитаны девиационные поправки, позволяющие снимать как можно точные значения и повысить уровень безопасной работы в море.

Библиографический список

1. https://www.korabel.ru/equipment/item_view/418511.html.
2. <http://www.navi-dals.ru/kompas.html>.
3. <https://bizorg.su/kompasy-r/p1447666-magnitnyy-induktsionnyy-kompas-kf1>.

Денис Владимирович Дегтерев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-412, Россия, Владивосток, e-mail: nice.degterev@mail.ru

Научный руководитель – Владимир Владимирович Карасев, канд. техн. наук, доцент

Анализ источников риска в мореплавании

Аннотация. Рассматриваются основные источники возникновения рисков. Оценивается возможность снижения рисков при беспилотном судовождении и его перспектива.

Ключевые слова: риск, безопасность, беспилотное судовождение.

Denis V. Degtyarev

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-412, Russia, Vladivostok, e-mail:
nice.degterev@mail.ru

Scientific adviser – Vladimir V. Karasev, PhD, Associate Professor

Analysis of the sources of risk in navigation

Abstract. The main sources of risks are considered. The possibility of reducing risks in unmanned navigation and its prospects are evaluated.

Keywords: risk, safety, unmanned navigation.

Профессия мореплавателя с первых шагов была высокорискованной. Морские профессии практически во все времена были не особенно популярными.

Но, как говорили древние, «Navigare Necesse Est (лат.) – Плавать по морю необходимо». Шли столетия, и необходимость хождения по морям возрастала. В настоящее время на морские перевозки приходится свыше 60 % всего мирового грузооборота, так как основную часть экспортно-импортных грузов в межконтинентальной торговле можно перевезти только морем.

Ежедневно в морях и океанах находится 30 тыс. судов, численность экипажей которых превышают 1 млн чел. При таких масштабах использования водных транспортных средств сложно избежать возникновения различных ЧС. Совершенствование и создание новых систем управления кораблями, навигационного оборудования и средств связи позволяют не превышать примерно стабильное количество ежегодных аварий и катастроф на водном транспорте. По данным Лондонского классификационного общества – Регистра судоходства Ллойда, ежегодно гибнут 300–400 судов, аварию терпит свыше 8 тыс. судов (общим тоннажем более 600 тыс. т). В кораблекрушениях ежегодно погибает порядка 200 тыс. чел. Почти каждый третий корабль возвращается в порт после длительного рейса с поломками или повреждениями оборудования, механизмов или корпуса. В России в 1995 г. только с рыболовными судами произошли 118 ЧС, из них 4 кораблекрушения, 3 крупных аварии, 87 аварийных происшествий.

В процессе мореплавания выяснились основные источники опасности, или, используя современное понятие риска – источники возникновения риска.

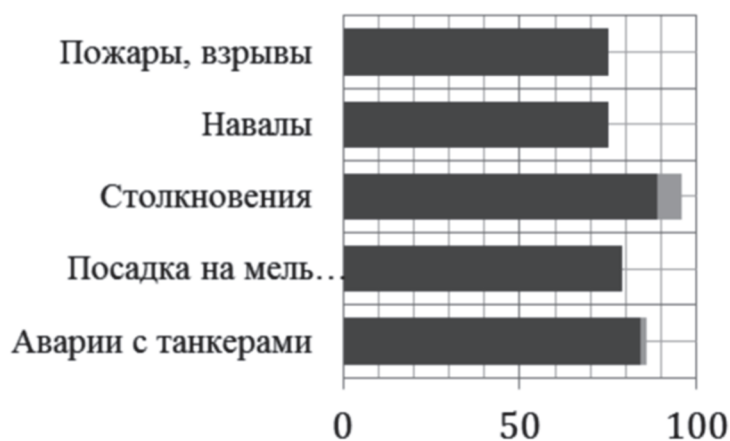
Одним из основных источников риска является устаревание морского флота. К настоящему времени около 80 % всех морских судов достигает своего морального и физического износа.

Следующим по значимости источником рискованных ситуаций являются гидрометеорологические факторы – тайфуны, штормы, льды. Но значимость этого фактора в значительной мере определяется человеческим фактором. Он заключается в ошибках при эксплуатации корабельного оборудования. Использование новейших образцов радионавигационного оборудования, к сожалению, не привело к существенному снижению аварийности и не уменьшило количество столкновений судов. Причиной этого явилось увеличение количества судов, увеличение скорости маневров и уплотнение графиков движения.

Причины некоторых морских катастроф до сих пор не разгаданы. Ежегодно в порты приписки не возвращаются 8–12 судов, бесследно исчезая в морских и океанских просторах.

Все приведенные причины можно объединить одним – человеческий фактор. На рисунке в процентах показана статистика влияния человеческого фактора, а именно, ошибок человека, на различные происшествия в мореплавании. Если следовать стандартному алгоритму оценки риска и не использовать специальную технологию психологического тестирования, то в качестве альтернативы возможно применение косвенных вероятностных, но достаточно обобщенных подходов для постановки такой задачи.

Проблемами автоматизации человечество озабочено издревле. Бессловесного автомата не нужно кормить, платить ему зарплату. Автомат, по мнению хозяина, не знает усталости. Безропотный автомат не восстанет, а издержки связаны лишь с его созданием и эксплуатацией. Морской флот в этом смысле не исключение.



Влияние ошибок человека на аварийность в мореплавании

На фоне резкого дефицита кадров в судоходной отрасли переход к беспилотным технологиям представляется панацеей.

В рамках фундаментальных исследований «Морская беспилотная навигация», которые финансирует Евросоюз, готовят прототип безэкипажного судна для моделируемых ходовых испытаний с целью оценки затрат и выгод технологии: «В связи с этим концерн Rolls-Royce начал разрабатывать дизайн беспилотного морского судна. Судя по всему, холдинг Rolls-Royce, более известный как производитель автомобилей класса люкс, решил всерьез заняться судостроением. Отметим, что к настоящему времени только 16 % доходов компании приходится на судостроение. А между тем доля годового оборота судоходной отрасли в мировой торговле, по данным Rolls-Royce, составляет 375 млрд долларов. И при этом морем перевозится 90 % грузов».

Как видно, объемы перевозок и доходы от занятия судоходным бизнесом впечатляют, и внедрение новых технологий сулит конкурентные преимущества. Главные аргументы разработчиков в пользу столь амбициозного проекта, по мнению вице-президента компании по инновациям в судостроении и морским технологиям компании О. Левандера, следующие: «Суда без экипажа будут более дешевыми, безопасными и будут меньше загрязнять окружающую среду».

К преимуществам беспилотных судов относятся:

- экономия в постройке за счет исключения помещений для экипажа;
- нет необходимости устанавливать и обслуживать системы жизнеобеспечения;
- возможность перевозить больше полезного груза;
- такие суда перед загрузкой будут на 5 % легче обычных, и, как следствие, потребление топлива сократится на 12–15 %»;
- вместо этого беспилотное судно сможет взять на борт больше полезного груза.

Все эти факторы позволят повысить рентабельность судовых перевозок.

Какие же сложности и противоречия могут возникнуть при автоматизации судна?

Экипаж можно заменить компьютерами, которые будут постоянно мониторить и анализировать ситуацию на судне и за его пределами. В этом им будут помогать камеры и датчики, способные гораздо лучше, чем человеческий глаз, обнаруживать препятствия в воде.

Однако первое препятствие – Правило 5 МППСС-72 «Наблюдение», которое гласит: «Каждое судно должно постоянно вести надлежащее визуальное и слуховое наблюдение так же, как и наблюдение с помощью всех имеющихся средств, применительно к преобладающим обстоятельствам и условиям, с тем чтобы полностью оценить ситуацию и опасность столкновения».

Возможности самого совершенного средства видеонаблюдения уступают зрительной системе глаза.

Многое в этом замечательном организме еще непостижимо для нас, и можно с уверенностью сказать, что, когда нам удастся вникнуть в еще непонятные свойства глаза, техника оптических приборов будет обогащена новыми усовершенствованиями.

Об уникальности человеческого глаза пишет Дженнифер Эккерман в книге «Краткая история человеческого тела», например, человек может распознать до 2,3 миллиона оттенков цвета. Особенно организм чувствителен к оттенкам красного и зеленого спектров, где он способен распознать разницу в 1 % длины волны, причем красный цвет каждый воспринимает по-своему.

Американский психолог Уильямс Джеймс говорил, что мозг работает над полученной информацией «почти как скульптор над каменной глыбой. Из одной и той же глыбы каждый высекает свое». С позиций беспилотной технологии будет хорошо, если все будут «высекать» один и тот же результат, но где гарантия, что информация, например, на встречных или почти встречных курсах будет восприниматься на этих судах одинаково?

Митио Каку, профессор теоретической физики, в книге «Будущее разума» описывает процессы обработки зрительной информации в мозгу человека, «зрение, которое, как нам кажется, совершенно не требует никаких усилий, на самом деле требует последовательного срабатывания миллиардов нейронов и передачи миллионов бит информации в секунду. А теперь вспомните, что мы получаем сигналы от пяти органов чувств, плюс эмоции, связанные с каждым образом... В настоящее время ни одна машина не в состоянии воспроизвести этот сложный процесс, так что его копирование – серьезный вызов ученым, которые хотят создать искусственный гиппокамп человеческого мозга».

Итак, на уровне сознания мозг человека принимает 2000 бит информации в секунду, а на уровне подсознания – 400 млрд бит в секунду. А дальше идет обработка информации. Но какой информации? Да той, которую специалист принял. Факт того, что информация, принимаемая на берегу удаленным оператором, будет разительно отличаться от той, которую принимает специалист на судне, не вызывает сомнения. Оба находятся в различных информационных средах. Вывод очевиден – решения будут также разительно отличаться. И эти отличия будут тем сильнее, чем сложнее ситуация. Теория относительности в реалиях жизни.

И будет уж совсем сложно, когда встретятся два судна, на которых установлена аппаратура от различных производителей. В настоящее время над проблемами беспилотной навигации работают несколько фирм в мире, которые по своему изначальному назначению далеки от мореплавания. Из этого следуют далеко идущие выводы. Аппаратура, установ-

ленная на беспилотных судах, будет сориентирована на знаниях и физиологических особенностях ее разработчиков, которые в связи со сложившимися даже среди моряков устойчивыми стереотипами, что работа судоводителя не представляет особой сложности, так легко берутся за автоматизацию непосредственно процесса судовождения. А ведь это вопросы, прежде всего, выполнения требований МППСС-72.

Вахтенный помощник капитана одного судна априори готов к расхождению с другим судном, на котором вахтенный помощник отличается от него самого менталитетом, квалификацией и практическим опытом. Чего нельзя сказать о беспилотных судах.

В Правиле 5 МППСС-72 слуху отведено второе место по объему воспринимаемой информации. Считается, что человек воспринимает слухом 10 % информации, но какой информации! По словам нейробиолога Джима Хадспета, ушная улитка не просто спиралевидная полость, как когда-то считалось, а «трехмерная система инерциальной навигации, акустический усилитель и анализатор частот». Физические возможности человеческого уха также потрясают. «Мы можем уловить интервал в несколько микросекунд. Это позволяет нам различать звуки, источники которых находятся всего в нескольких шагах друг от друга».

Сохранится ли «трехмерная система инерциальной навигации» при беспилотных технологиях и как будет происходить восприятие геометрии трехмерного пространства на плоскости?

Кроме того, человеческий мозг обладает уникальной способностью отключать раздражители, не способствующие решению конкретных задач, на что вряд ли способна самая высокоавтоматизированная система.

Говоря о безэкипажных судах, нельзя отрицать необходимость дистанционного управления человеком, называемым оператором. По сути, это судоводитель, только находящийся на берегу (за многие тысячи миль от центра управления). Проблема дистанционного управления заключается в восприятии пространства, но про нее не говорят те, кто видит в беспилотной навигации панацею.

Для выяснения отношения к вопросу целесообразности внедрения беспилотной навигации был проведен опрос среди слушателей повышения квалификации ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова. В опросе приняли участие 49 специалистов. Среди них капитанов – 17, старших помощников – 16, вторых помощников – 5, вахтенных помощников – 11.

Вот как слушатели ответили на вопрос внедрения беспилотных технологий на морском флоте, а точнее – способны ли другие средства наблюдения адекватно заменить визуальное и слуховое (Правило 5 МППСС-72 «Наблюдение»):

Да	Затруднились ответить	Нет
8	5	36
16,3 %	10,2 %	73,5 %

Результат показывает, что пока большинство судоводителей негативно относятся к этой проблеме.

Как сообщила пресс-служба компании АВВ, «современные технологии позволяют управлять судном из любой точки. Передовые технологии, успешно протестированные на пассажирском пароме, могут быть установлены на судно любого типа. Дистанционно управляемый пассажирский паром ледового класса «Суоменлинна II» совершил плавание по заданному маршруту. Испытания провели в нерабочие часы, на удаленном от берега расстоянии, без пассажиров на борту и в отсутствие вблизи других судов».

После завершения рейса штатный капитан парома Хаинонен, обеспечивающий дистанционное управление, прокомментировал ситуацию: «Прогресс, которого мы достигли в дистанционном управлении, уже достоин внимания. Мы на верном пути и продолжаем двигаться вперед».

Однако не стоит заранее приветствовать это новшество. А если проблема с электроникой случится в условиях высокой интенсивности судоходства, в сложных гидрометеороло-

гических условиях, при наличии помех при прохождении радиосигналов, при высоких скоростях и, наконец, отказах навигационного оборудования, блок-аутах? Процессы при возникновении аварийной ситуации примут необратимый характер.

Что же сдерживает развитие безэкипажного судоходства:

Нормативная среда, существующая в настоящий момент в России;

МППСС-72. Правило 2 «Ответственность». Правило 2 «Ответственность» гласит: «Ничто в настоящих Правилах не может освободить ни судно, ни его владельца, ни капитана, ни экипаж от ответственности за последствия, могущие произойти от невыполнения этих Правил или от пренебрежения какой-либо предосторожностью, соблюдение которой требуется обычной морской практикой или особыми обстоятельствами данного случая».

Правило 8 МППСС-72 «Действия для предупреждения столкновения судов», а именно: «Любое действие, предпринимаемое для предупреждения столкновения, если позволяют обстоятельства, должно быть уверенным, своевременным и соответствовать хорошей морской практике». Состояний неопределенности в мореплавании большое число и высокоавтоматизированные суда с ней неминуемо столкнутся, а вот в чем и как проявится их «неуверенность» – это вопрос. По данным страховой компании P&I Club UK, по вине вахтенного помощника капитана происходит 25 % аварий, по вине лоцмана – 7 %, а по вине вахтенного механика – 2 % аварий. Главная причина находится на ходовом мостике – обилие обратных связей со значительной долей неопределенности. Существенным недостатком автоматизации является потеря судоводителями навыков использования традиционных способов обеспечения безопасности мореплавания. Судоводители отвыкают определять место по визуальным пеленгам и по небесным светилам. Например, капитан-филиппинец при отказе гирокомпаса приказал отдать якорь, не решившись перейти на управление по магнитному компасу.

При дистанционном управлении беспилотным судном осуществляется двумерная, плоская навигация, что не позволяет получить полную картину для принятия решения.

Кроме этого, не исключается проблема постороннего вмешательства в систему передачи информации на судно.

Таким образом, главными направлениями в области беспилотных технологий на морском транспорте следует считать проблемы разрешения неопределенности восприятия информации при расхождении судов, при плавании в сложных условиях, пересмотр Правил предупреждения столкновения и законодательной базы на случай возникновения аварийных ситуаций.

И наконец, важным в принятии решения о целесообразности такой навигации является оценка экономического фактора постройки судна и создание инфраструктуры управления им на судне и берегу.

Пока что вопросы стоимости высокоавтоматизированных судов не рассматриваются.

По своим технологическим нагрузкам «полновесное» высокоавтоматизированное судно должно приближаться к стоимости многофункционального космического аппарата или даже превосходить его. Готовы ли судовладельцы к таким расходам? Ведь сроки окупаемости современного судна сегодня составляют 10–12 лет. При переходе к безэкипажному судоходству они существенно сдвинутся.

Безэкипажное судоходство, как и все, что связано с техническим прогрессом, повлечет за собой и аварийность. Аварийность – это плата за прогресс. 85 % морских специалистов считают безэкипажное судоходство небезопасным (Судостроение инфо от 10 мая 2018 года).

Из ответов слушателей курсов повышения квалификации на вопрос, кто будет нести ответственность в случае аварии беспилотного судна?

Судовладелец	Разработчик аппаратуры	Никто
38	8	3
77,6 %	16,3 %	6,1 %

Ситуация, когда происходит блок-аут, в результате которого судно теряет все свои мореходные качества даже при современном техническом совершенстве судов, явление не столь уж редкое.

Происходили на вашем судне блок-ауты? Из ответов слушателей:

Да	Нет
48	1
88,0 %	2,0 %

Помимо блок-аутов из строя выходят отдельные навигационные приборы и судовые механизмы, жизненно важные для сохранения мореходных качеств судна.

Вам приходилось переходить на управление судном по магнитному компасу? Из ответа слушателей:

Да	Нет
43	6
87,8 %	12,2 %

По мнению некоторых специалистов, даже работающих на морском флоте, магнитный компас – это анахронизм. Но вот как прописаны требования к наличию курсоуказателя на судне. В соответствии с требованиями Резолюции ИМО А.382 (10) и Международной конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС-74), а также классификационных обществ все суда независимо от тоннажа, совершающие морские рейсы, должны иметь на борту магнитный компас, у которого уничтожены все виды девиации и определенные ее остаточные значения, или иное устройство для курсоуказания, не требующее применения электроэнергии. Помимо этого, на всех пассажирских судах независимо от тоннажа, совершающих морские рейсы, должен быть запасной магнитный компас. А на грузовых судах запасной магнитный компас должен быть на судах водоизмещением 300 т и более. Эти требования говорят о безоговорочном приоритете магнитного компаса перед гироскопическими компасами и GPS-компасами, у которых нет главного преимущества – автономности. Случаи из практики, особенно с подводными лодками, свидетельствуют, что при работающем двигателе и при наличии магнитного компаса есть шансы на выживание. Современная электроника при всех ее достоинствах зависит от источников электропитания. Разрядившийся мобильный телефон в лесу можно использовать разве что как камень. Также при отсутствии компаса можно быстро продвигаться, но прибудешь не туда.

А дистанционная отдача якоря? Кто в критической ситуации побежит на бак, чтобы отдать якоря?

На вашем судне возможна дистанционная отдача якорей? Из ответов слушателей:

Да	Нет
14	35
28,6 %	71,4 %

Вам приходилось отдавать якоря дистанционно? Из ответов слушателей:

Да	Нет
15	34
30,6 %	69,4 %

И наконец, как в беспилотной навигации намерены решать вопросы корректуры карт. Сегодня вахтенный помощник обязан собирать и передавать информацию обо всех изменениях в навигационной обстановке. Как эти вопросы будут решаться в беспилотной навигации?

В отличие от других видов транспорта и космоса судоходству присуща большая ситуационная неопределенность при принятии управленческих решений. Применение МППСС-72 не всегда способно свести возникающую неопределенность к детерминированному процессу. Именно поэтому главная проблема безэкипажной навигации сводится к выполнению требований безопасности мореплавания в ситуациях неопределенности.

Проблемы неопределенности поднимались в статье «Правила МППСС-72: неопределенность при принятии решения» (журнал «Морской флот» № 5 за 2016 год).

Переход к безэкипажным судам неминуемо приведет к пересмотру МППСС, причем пересмотр будет касаться главным образом проблем разрешения неопределенностей и правовой ответственности за возможные аварии. То, что аварии неизбежны, свидетельствует опыт авиации и космонавтики.

Из ответов слушателей. Беспилотные технологии повлекут изменения МППСС-72 (а также других международных и национальных документов, связанных с безопасностью мореплавания)?

Незначительные	Значительные
10	39
20,4 %	79,6 %

Проблемы неопределенности есть и будут оставаться присущими для ситуаций, когда в системе дифференциальных уравнений, описывающих поведение судна, присутствует правая часть в виде внешнего воздействия: другое судно, погодные и ледовые условия и т.д. Это наглядно иллюстрирует статистика страховой компании P&I Club UK: 25 % аварий происходит по вине вахтенного помощника капитана, 7 % – по вине лоцмана и только 2 % – по вине вахтенного механика.

В системе дифференциальных уравнений, описывающих состояние машинного отделения, правая часть (внешние воздействия) оказывает минимальное влияние («Человеческий фактор – матрица аварийности», журнал «Морской флот» № 2 за 2016 год).

Сегодня полнота ответственности за разрешение ситуаций неопределенности лежит на капитане и вахтенном помощнике капитана. С переходом на безэкипажные технологии потребуется «стрелочник», а это вопрос не простой.

Анализируя публикуемые материалы по созданию безэкипажных (беспилотных) судов, следует обращать внимание на одно важное обстоятельство – на отсутствие предложений по проблеме применения МППСС-72 при расхождении судов как автоматизированных друг с другом, так и автоматизированного с судном, на котором есть экипаж. Ведь перехода на полностью автоматизированные суда не произойдет никогда.

Обеспечить переход из точки с одними координатами в другую сегодня не составляет труда, а вот обеспечить безопасность мореплавания во все нарастающем потоке судоходства – задача не из простых.

Вопросов, касающихся появления судов без экипажа, много, поэтому коснемся еще некоторых из них.

По мнению О. Левандера: «Беспилотные суда будут способствовать снижению таких рисков, как пиратство, поскольку захват заложников становится невозможным, соответственно, судовладельцам не нужно тратить большие суммы на выкуп и репатриацию моряков».

Да, заложников не будет, но остается груз. Наивно представлять себе современное пиратство как группу голодных и оборванных бандитов; за ними стоят и управляют ими вполне респектабельные криминальные структуры, которым доступны современные технологии.

В пиратских районах отключают AIS (и GPS), но это на руку и пиратам. Пираты найдут возможность влиять на объективность информации, принимаемой AIS и GPS. «Взломать» коды управления беспилотными судами не составит особого труда. Современные технологии позволяют убрать с экрана информацию от AIS о реально существующем судне, а равно разместить на экране информацию о судне-фантоме, которого и в природе-то нет.

Доступ пиратов на судно, скорее всего, упростится.

Пока беспилотные суда не будут соответствовать правилам ИМО, они будут рассматриваться как немореходные и как такие, что не подлежат страхованию.

Исследование, проведенное английской ассоциацией мореплавателей Nautilus International, показало, что специалисты морской отрасли скептически относятся к автономному судоходству. По данным опроса 1000 моряков, 84 % озабочены проблемой потери ими работы в результате развития безэкипажных судов.

В заключение можно сказать, что у судов с высоким уровнем автоматизации, безусловно, есть будущее, однако это вопрос комплексного подхода к проблеме.

Библиографический список

1. Моисеенко С.С., Мейлер Л.Е. Управление рисками в мореплавании и промышленном рыболовстве. М.: Моркнига, 2017.
2. Оценка рисков безопасности мореплавания. <https://lektsia.com/9xffa.html>.
3. Классификация и оценка рисков. <http://sv.morfish.ru/wp-content/uploads/2020/03/Klassifikatsiya-i-otsenka-riskov.pdf>.

Максим Романович Доценко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-212, Россия, Владивосток, e-mail: maxdocenko7247@gmail.com

Научный руководитель – Екатерина Евгеньевна Соловьева, старший преподаватель

Исследование аварийности судов по причине посадки на мель

Аннотация. Раскрывается тема аварий на морских судах по причине посадки на мель. Уделяется особое внимание причинам таких аварий, мерам предосторожности, действиям экипажа при посадке судна на мель. Помимо этого, представлены методы спасения судна при посадке на мель, последствия такой аварии и примеры посадки судов на мель.

Ключевые слова: судно, авария, посадка на мель, безопасность судоходства.

Maksim R. Dotsenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-212, Russia, Vladivostok, e-mail:
maxdocenko7247@gmail.com

Scientific adviser – Ekaterina E. Soloveva, Senior Lecturer

Research of ship accidents due to grounding

Abstract. The article reveals the topic of accidents on ships due to grounding. Particular attention is paid to the causes of such accidents, precautionary measures, actions of the crew when the ship is stranded. In addition, methods for rescuing a ship during grounding, the consequences of such an accident and examples of grounding a vessel are presented.

Keywords: ship, accident, grounding, safety of navigation.

Несмотря на современное мостовое оборудование, новые технологии и усовершенствованные меры безопасности, морские аварии все еще случаются, и анализ их причин имеет важное значение для предотвращения будущих аварий. Морские аварии неблагоприятно влияют как на человека, так и на морскую среду. Последствия варьируются от незначительных травм до летальных исходов и от незначительного до очень серьезного ущерба окружающей среде и имуществу.

Аварии служат оперативной мерой морской безопасности, в частности, судов, экипажей и грузов. Предотвращение несчастных случаев на море зависит от осуществления эффективных мер безопасности; и безопасность на море занимает высокое место во всех оценках рисков, включая потери или повреждения судов и грузов, а также травмы или гибель членов экипажа. Многие исследования, в которых проводился анализ морских происшествий, часто выявляют коренные причины, связанные с человеческими ошибками.

Следовательно, понимание человеческих и организационных факторов, лежащих в основе крупных морских аварий, имеет ключевое значение для морской политики и управления. Столкновения и посадки на мель составляют 71 % аварий в европейских водах: посадка судов на мель является одной из самых распространенных. Кроме того, человеческая

ошибка является наиболее значительным фактором во всех типах несчастных случаев, а не только при посадке на мель.

Ранее посадки на мель были вызваны ошибками в плане прохода, сбоем в определении местоположения или отсутствием связи между бригадой на мостике, тогда как столкновения были вызваны ошибками в определении скорости или даже присутствием другого судна и в планах предотвращения столкновений.

Посадка судна на мель, например, на рифы, камни или грунт, происходит зачастую в туманную погоду или же ночью, а также при проходе курса судна в узкости или в недостаточно огороженном месте.

Причинами такого вида происшествий чаще всего являются ошибки навигационного типа: в определении местонахождения судна, неиспользовании эхолота, радиопеленгатора и гидрофона, если они имеются на судне, а также невнимательное или неверное управление судами при следовании в узких местах (рис. 1).

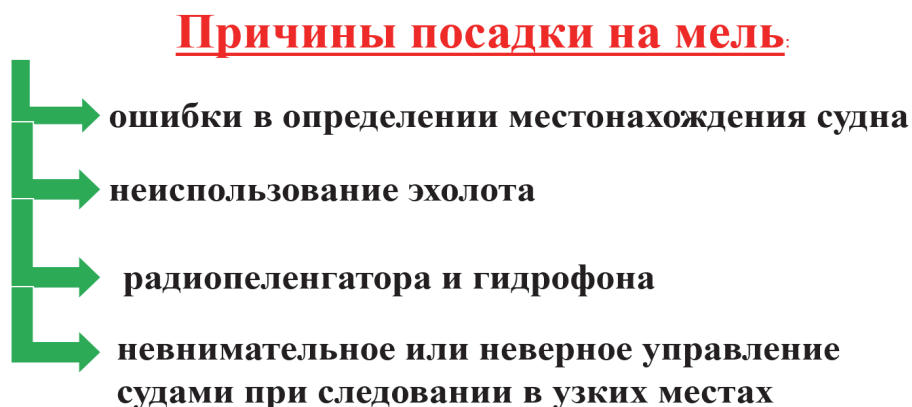


Рисунок 1 – Причины посадки на мель

Однако к навигационным ошибкам нужно отнести такие ошибки, как: ошибки при определении местоположения судна по углам или пеленгам, неучтенные погрешности лага и компаса, неправильно определенный курс компаса, неучтенные течение и дрейф, ошибочно взятые показания электрического или же механического лагов, плохое управление рулем или неверно взятый курс стоящим на руле.

К числу причин, ведущих к посадке судна на мель, стоит отнести еще недостаток обеспечения судов необходимыми и важными навигационными пособиями, оборудованием, приспособлениями и судовыми припасами, а также неточность карт и ошибки в навигации судна.

Вместе с тем бывают случаи посадки судна на мель и даже выброса последнего на сушу по причине неосторожного приближения к берегу во время прижимного ветра и штормов, когда судно при наличии слабой машины или маленькой осадки не в состоянии справиться с сильным ветром и волнением, чтобы отойти от берега.

В равной степени судно оказывается на суше или на мели вследствие дрейфа якорей, если оно встало на рейде, ровно, как и если в связи с усилением ветра не были своевременно приняты меры предосторожности.

Опираясь на описанную выше информацию, нужно признать, что для предотвращения посадки судна на мель крайне необходимо:

1. В ночное время или в тумане, при нахождении судна неподалеку от берега или мели обязательно нужно **использовать эхолот**, а также радиопеленгатор и гидрофон, если имеется такая возможность.

2. В туманную погоду или ночью при отсутствии возможности надежно определить местоположение **нельзя подходить близко к берегу** и опасным местам, особенно при прижимном ветре, шторме или сильном течении.

3. Во время сильного ветра при наличии низкой мощности машины, или при маленькой осадке (когда винт мало погружен в воду), или если имеется высокий дифферент на корму необходимо дальше уходить от подветренного берега и подветренных мест.

4. Максимально часто и тщательно определять место судна астрономическими, а также навигационными способами, помимо этого по радиопеленгам и гидрофону, если они в наличии на судне и имеется для этого возможность.

5. Как можно тщательнее учитывать величину дрейфа и течения, беря последние данные из соответствующих карт, атласов и лоций.

6. Важно часто определять поправку компаса и погрешности механического или электрического лагов.

7. Чаше контролировать рулевого матроса и обязательно проверять курс судна по главному и путевому компасам при смене рулевых матросов и помощников капитана, а также после каждой временной смены курса, например, при расходе с другим судном.

8. Проверять курс судна, проложенный на карте.

9. При обнаружении опасного положения судна вахтенный помощник обязан немедленно самостоятельно принять меры для предотвращения опасности и оперативно известить капитана о случившемся и принятых мерах.

10. Выставлять дозорного для оценки видимости при ходе судна ночью.

11. При плавании в малоисследованных местах необходимо как можно чаще измерять глубину и следовать малым ходом

Экстренные действия экипажа при посадке судна на мель:

- все заинтересованные стороны должны быть уведомлены;
- сообщите администрации порта о происшествии;
- произвести немедленную остановку двигателей;
- мгновенно произвести проверку для выявления любых внутренних повреждений, водозаборов или утечек, а также закрытия водонепроницаемых дверей;
- подать звуковые и световые сигналы о бедствии;
- возьмите под контроль возможное загрязнение акватории;
- произвести запись местоположения судна, даты и времени инцидента;
- держите судходную компанию в курсе;
- запросите помощь из ближайшего порта;
- промерьте глубину вокруг судна и исследуйте характер морского дна.

Самостоятельное спасение судна с мели

В первую очередь при посадке на мель нужно оценить масштаб аварии и возможность самостоятельного спасения судна. Если такая возможность имеется, то начать нужно с очистки балластных танков от воды для максимального понижения осадки.

После следует рассмотреть вопрос о повторном подъеме судна на воду во время прилива с использованием двигателя и руля. Используйте судовой двигатель с особой осторожностью, так как есть вероятность увеличения повреждений механизмов и корпуса.

При этом обязательно нужно проверить состояние морского дна вокруг кормы. Может потребоваться осмотр спасательной шлюпки в направлении маневрирования, а также целостность корпуса и устойчивость к повреждениям.

В случае когда спуск на воду собственными средствами считается сложным или есть сомнения в безопасности судна во время и после операции, следует рассмотреть вопрос о внешней помощи.

Это будет включать в себя разгрузку в море и / или размещение буксиров. Тем не менее содержание соглашения с доставщиками должно соответствовать инструкциям компании, за исключением экстренных случаев.

23 марта 2021 г. село на мель одно из самых больших судов в мире – контейнеровоз Ever Given типа Golden, принадлежащий тайваньской компании Evergreen и имеющий регистрацию в Панаме, сел на мель в середине Суэцкого канала, перекрывая движение судов по нему в обе стороны (рис. 2).



Рисунок 2— Контейнеровоз Ever Given

Инцидент произошел в 7:40 по местному времени (2:40 по московскому времени). Из-за перекрытия движения очереди на проход через канал уже ожидало более четырех сотен судов, которые выстроились в очередь почти до Индии. При переходе через Суэцкий канал судно Ever Given сбилось с фарватера и уперлось в берег канала бульбообразным носом, после чего контейнеровоз повело в сторону и перекосило.

В результате Суэцкий канал оказался перекрыт судном по всей ширине. Компания Evergreen Marine утверждала, что контейнеровоз попал под «внезапный и сильный порыв ветра», в результате чего задел дно канала и сошел с фарватера. Первоначальные попытки снять судно с мели при помощи буксиров были провальными.

Поэтому было принято решение подключать больше буксиров и углублять дно в носовой части судна, дабы достичь глубины, равной осадке этого судна. На 28 марта 2021 г. с судна было удалено около 9000 т водяного балласта, а в работах по помощи судну участие принимало 14 буксиров.

Помимо этого, в работах были задействованы 4 экскаватора, они углубляли береговую часть канала возле носа контейнеровоза. 27 марта этими непомерными усилиями получилось сдвинуть с места носовую часть судна. В воскресенье 28 марта были продолжены работы по углублению дна, чтобы снова попытаться сдвинуть контейнеровоз во время следующего прилива.

Предполагалась и частичная разгрузка судна, дабы еще больше понизить осадку судна, но для этой операции нужны были подъемные краны, которые тогда еще не прибыли в Суэцкий канал.

Судно было с успехом частично снято с мели 29 марта 2021 г. в 04:30 утра по местному времени.

Приблизительно в 15:00 того же дня Ever Given было полностью снято с мели, после того как под его носовой оконечностью было выкопано земснарядом примерно 27 тысяч кубометров песка, и отбуксировано на рейд Большого Горького озера на осмотр днища.

Но движение в канале было возобновлено только после ликвидации всех последствий аварии.

Библиографический список

1. <https://www.researchgate.net/>.
2. Flot.com.
3. <http://shipsbusiness.com/>.
4. <https://seanews.ru/>.
5. Смирнов Н.Г. Теория и устройство судна, 1992.
6. Снопков В.И. Управление судном: учебник.
7. Развозов С.Ю. Безопасность судоходства, 2017.
8. Начальная подготовка по безопасности судоходства / В.Ф. Чернышев, Ю.В. Канатов, А.П. Ремнев, Б.Г.Демидов.

Ирина Валентиновна Ергакова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-412, Россия, Владивосток, e-mail: er.rina@mail.ru

Научный руководитель – Надежда Васильевна Вовченко, старший преподаватель

Применение астрономических методов определения места судна для обеспечения безопасности мореплавания

Аннотация. Применение астрономических методов определения места судна для обеспечения безопасности мореплавания в современных условиях обосновано необходимостью автономных, энергонезависимых средств навигации как резервных или аварийных средств.

Ключевые слова: астрономический способ, светило, обсервация, изолиния, безопасность.

Irina V. Ergakova

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-412, Russia, Vladivostok, e-mail:
er.rina@mail.ru

Scientific adviser – Nadezhda V. Vovchenko, Senior Lecturer

The use of astronomical methods for determining the location of the vessel to ensure the safety of navigation

Abstract. The use of astronomical methods for determining the location of a vessel to ensure the safety of navigation in modern conditions is justified by the need for autonomous, non-volatile navigation aids as backup or emergency means.

Keywords: astronomical method, luminary, observation, isolation, safety.

Мореходная астрономия является обязательной наукой об определении места судна в море астрономическими способами с помощью соответствующих инструментов, а также это раздел практической астрономии, удовлетворяющий нужды судовождения.

Современные радионавигационные методы позволяют определять место судна практически в любой точке Мирового океана и при любых условиях погоды. Кроме того, получившие в последнее время исключительное развитие системы спутниковой навигации перекрыли практически все участки Мирового океана, в которых осуществляется судоходство. И всё же такие методы не являются универсальными, прежде всего, по причине их неавтономности, а при некоторых обстоятельствах и ненадёжности в работе, приёме сигналов и т.д.

В связи с этим при весьма значительных удалениях от берега единственно надёжными и, главное, автономными способами определения места судна являются астрономические методы, которые за последние годы также получили дальнейшее развитие. Так, радиосекстан позволяет определять место судна непрерывно в течение всего времени пребывания его над горизонтом, при любой погоде и любом состоянии моря.

Искусство астрономических наблюдений и их обработка по-прежнему остаётся надёжным для обеспечения морских нужд, в том числе промысловых судов. Судоводитель должен уверенно и безопасно вести судно, используя при прокладке на карте показания гирос-

компаса и лага, учитывая ветер и течение. Другими словами, он должен уметь грамотно вести счисление пути судна. Для контроля правильности счисления судоводитель должен уметь определять место судна различными методами: навигационным, радионавигационным и астрономическим. В открытом море возможно определение места судна только радионавигационными и астрономическими методами. Поэтому важнейшая задача мореходной астрономии – определение широты и долготы места судна в море по наблюдениям небесных светил.

При определении места по одновременным наблюдениям светил необходимо измерить высоты двух и более светил в быстрой последовательности. Такие наблюдения обычны для сумерек при определениях по звездам и (или) планетам, а в периоды квадратур возможны определения по одновременным наблюдениям Солнца и Луны. Общим для всех таких определений места является то, что перемещение судна за время между измерениями высот учитывается приведением их к одному месту (зениту). Различаются такие определения по числу наблюдаемых светил, от чего зависит наивыгоднейшая разность их азимутов, выбор места относительно фигуры погрешностей и оценка точности результатов.

В практике мореходной астрономии для получения географических координат судна в открытом море наибольшее распространение получил метод высотных линий положения. Когда на карте прокладывается, например, линия пеленга, то для любой точки этой линии угол между меридианом, проходящим через данную точку, и направлением на предмет является величиной постоянной.

Линии, все точки которых отвечают постоянному значению, называются изолиниями. Следовательно, на карте прокладываются изолинии. Для получения места судна на карте необходимо провести две изолинии. Точка их пересечения и будет являться обсервованным местом судна. Поскольку изолинии в некоторых случаях могут быть сложного вида, небольшие их участки заменяют отрезками прямых. Такой отрезок прямой, касательный к навигационной изолинии в точке, ближайшей к счислимому месту, называется линией положения.

В мореходной астрономии изолиниями являются окружности, называемые кругами равных высот (рисунок). Кругом равной высоты называется малый круг на поверхности Земли, в любой точке которого определенное светило имеет в данный момент одну и ту же высоту, круги M_1 , M_2 являются кругами равной высоты светил C_1 и C_2 .



Круги равных высот

Однако светило C имеет множество кругов равной высоты, которые соответствуют разным значениям h . Все эти круги имеют общий центр в точке M , которая является проекцией светила на поверхность Земли и называется полюсом освещения круга равных высот. Если высота светила равна 90° , наблюдатель находится в полюсе освещения и видит светило над головой, а если высота светила составляет 0° , то наблюдатель видит светило

на горизонте и круг равных высот становится большим кругом, разделяющим Землю на две половины – освещенную и неосвещенную. Для определения места судна по линиям равных высот одновременно измеряют высоты двух светил и по значениям этих высот наносят на карту небольшие участки двух кругов равных высот. На практике вместо этих отрезков кривых наносят прямые линии, касательные к кругам вблизи счислимого места.

Порядок действий при определении места по одновременным наблюдениям светил:

- подобрать светила с наивыгоднейшей разностью азимутов – $50\text{--}70^\circ$ для двух светил, примерно по 120° для трех и по 90° для четырех светил;
- измерить в быстрой последовательности высоты светил (желательно по 3–5 раз каждого), замечая моменты по хронометру;
- заметить судовое время T_c и отсчет лага, снять с карты счислимые координаты судна φ_c и λ_c на этот момент, записать курс ИК и скорость V ;
- определить поправку индекса секстана (можно до наблюдений) и если позволяют условия, измерить наклонение горизонта;
- если измерения выполнялись сериями, то найти средние из моментов по хронометру и отсчетов секстана для каждого светила;
- найти приближенное время и дату на Гринвиче по T_c и номеру часового пояса, рассчитать точные моменты $T_{гр}$ по хронометру и его поправке для каждого измерения высоты или среднего из серии;
- определить координаты светил $t_{гр}$ и δ на дату и моменты $T_{гр}$;
- решить параллактические треугольники и перевести азимут A в круговой счет;
- исправить высоты светил и привести их к одному месту (зениту), которому соответствуют T_c и ОЛ;
- рассчитать переносы $h_0 - h_c$, проложить линии положения, найти обсервованное место и невязку;
- оценить точность полученной обсервации.

Прокладка всех линий положения выполняется одинаково: через счислимую точку проводят линию азимута, отмечая стрелкой направление на светило; вдоль этой линии откладывают перенос $h_0 - h_c$ в сторону светила (если он положителен) или в противоположную (если он отрицателен); через полученную определяющую точку проводят перпендикулярно линии азимута высотную линию положения (ВЛП). Прокладку лучше всего выполнять на карте, на которой ведут счисление, и в том же масштабе. При прокладке на бумаге произвольную точку принимают счислимой, от нее откладывают по линиям азимутов переносы в одинаковом масштабе и в том же масштабе измеряют разность широт $\Delta\varphi$ и отстояние $\Delta\omega$ между счислимой и обсервованной точками, а также величину невязки C между ними. Величину $\Delta\omega$ переводят в разность долгот $\Delta\lambda = \Delta\omega \cdot \sec\varphi_c$ и вычисляют обсервованные координаты:

$$\begin{aligned}\varphi_0 &= \varphi_c + \Delta\varphi; \\ \lambda_0 &= \lambda_c + \Delta\lambda.\end{aligned}$$

В широтах до 70° часто пользуются угловым масштабом: строят угол, равный счислимой широте, вдоль его наклонной шкалы выбирают масштаб расстояний, по которому измеряют $h_0 - h_c$, $\Delta\varphi$ и C , а проекция этой шкалы на горизонтальную сторону угла дает шкалу измерения $\Delta\lambda$.

При определениях по двум светилам обсервованное место принимают в точке пересечения их линий положения. Средняя квадратическая погрешность места M зависит от разности азимутов $\Delta A = A_2 - A_1$.

Для получения обсервованного места судна необходимо нанести на карту не менее двух линий положения. Однако в светлое время суток судоводитель чаще всего имеет возможность наблюдать одновременно только одно светило – Солнце. По этой причине для получения обсервованных координат приходится пользоваться методом его разновремен-

ных наблюдений. Промежуток времени между двумя наблюдениями определяется необходимостью изменения азимута светила на величину 40–60°. При различных условиях этот промежуток составляет от нескольких минут до 3–4 ч.

В практике судовождения принято приводить измерения на момент последних наблюдений, т.е. первую высотную линию положения (ВЛП₁) приводят ко второй ВЛП₂ (на момент вторых наблюдений).

Данный способ аналогичен определению места судна по крьюс-пеленгу. Первая высотная линия (при крьюс-пеленге – первый пеленг) смещается параллельно самой себе по направлению пути судна (ПУ) на величину пройденного судном расстояния $\Delta S = V_{обх} \times (T_2 - T_1)$ или по при плавании по лагу

$$\Delta S = k_{лх} \times \text{рол}, (k_{л} = 1 + \frac{\Delta l}{100\%}, \text{рол} = \text{ол}_2 - \text{ол}_1).$$

Астрономические методы позволяют определить широту по меридиональным высотам светил. Широту в море обычно определяют по меридиональным высотам Солнца, хотя это можно делать и по наблюдениям любого светила. На практике меридиональной высотой считают наибольшую высоту Солнца при его верхней кульминации или наименьшую – при нижней. Порядок действий при определении широты по меридиональным высотам следующий.

Подготовка к наблюдениям: снимают с карты ϕ_c и λ_c на предполагаемое время кульминации Солнца;

- рассчитывают с помощью МАЕ T_c кульминации Солнца;
- подготавливают секстан к дневным наблюдениям; определяют поправку индекса секстана по Солнцу, применяя контроль;
- приводят поправку хронометра к моменту наблюдений; если надо, сличают палубные часы с хронометром; измеряют, если возможно, наклонение горизонта;
- в расчетное время кульминации Солнца измеряется высота его верхнего или нижнего края и записывается следующая информация: отсчет секстана ОС, судовое время T_c , отсчет лага ол, высота глаза наблюдателя е, поправка индекса секстана i , инструментальная поправка секстана s , записываются температура воздуха t °С и атмосферное давление B . Записывается также точка горизонта, над которой измерялась высота;
- рассчитывается приближенное $T_{гр}$ и на этот момент из МАЕ выбирается склонение Солнца;
- исправляется измеренная высота, переводится в зенитное расстояние и рассчитывается обсервованная широта.

Для наблюдателей, находящихся в Северном полушарии, достаточно простым и быстрым является способ определения широты по высоте Полярной звезды. Полярная звезда описывает суточную параллель вокруг Северного полюса мира сферическим радиусом менее 1°. А так как высота полюса мира равна широте, то высота Полярной звезды менее чем на 1° отличается от широты. Этим обстоятельством пользуются для определения широты ϕ .

В заключение необходимо отметить, что в современных условиях повышается значение и необходимость астронавигации для обеспечения безопасности мореплавания. Астрономические способы определения имеют существенные преимущества, а именно

- небесные светила всегда на небе;
- небесные светила обеспечивают возможность определения координат судна в любой части Мирового океана;
- астрономические способы определения места судна являются автономными; практически нет средств, позволяющих лишить судно возможности астрономических обсерваций при выводе из строя спутниковых навигационных систем или электрооборудования в целом;
- счисление астрономическими способами может рассматриваться как резервное;
- в открытом море, если на судне не установлен спутниковый компас, нет альтернативы астрономическим способам определения поправок курсоуказателей;

- в море для обеспечения безопасности мореплавания существует необходимость определять место судна как минимум двумя различными способами, так как документально JPS «имеет право» ошибаться до семи миль, а фактически (исходя из практики, особенно в северных широтах) иногда ошибается на несколько градусов. Редко, но ошибается. Вне видимости берегов, кроме определения места по СНС, можно определить место судна только астрономическими способами, так как радиомаяки выведены из эксплуатации, а точность астрономических обсерваций при средней подготовке судоводителей можно характеризовать кругами с радиусами до 3,0–3,4 морских миль ($P = 95 \%$), а при высоком уровне подготовки точность может достигать $\pm 0,5'$. Во время плавания в условиях открытого моря при критических обстоятельствах этого вполне достаточно.

Поэтому основная роль мореходной астрономии в современных реалиях – это оставаться автономной резервной системой определения места судна, которая способна обеспечить безопасность мореплавания в условиях открытого моря.

Недостатком данного способа является плохая погода (облачность или туман, отсутствие видимости светил или горизонта).

Библиографический список

1. <http://morez.ru/morexodnaya-astronomiya/>.
2. <https://molotokrus.ru/opredelenie-mesta-sudna-astronomicheskimi-sposobami/>.
3. <http://seaman-sea.ru/morehodnaya-astronomiya.html>.

Данил Сергеевич Калинин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-112, Россия, Владивосток, e-mail: danil.kalinin.1989@gmail.com

Научный руководитель – Виктория Викторовна Бойко, старший преподаватель

Аварии судов по причине потери остойчивости

Аннотация. Потеря остойчивости судна, приводящая к опрокидыванию, представляет серьезную угрозу для безопасности мореплавания, поскольку нередко вследствие быстрого развития аварийной ситуации гибнет экипаж. По данным аварийной статистики ежегодно из-за потери остойчивости гибнут десятки судов различных размеров и водоизмещений.

Ключевые слова: авария, остойчивость, причины, суда.

Danil S. Kalinin

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-112, Vladivostok, Russia, e-mail:
danil.kalinin.1989@gmail.com

Scientific adviser – Viktoria V. Boyko, Senior Lecturer

Ship accidents due to loss of stability

Abstract. The loss of stability of the vessel, which leads to capsizing, poses a serious threat to the safety of navigation, since the crew often dies due to the rapid development of an emergency situation. According to emergency statistics, dozens of vessels of various sizes and displacements perish annually due to loss of stability.

Keywords: accident, stability, reasons, vessels.

Остойчивость – одно из важнейших мореходных качеств судна, с которым связаны чрезвычайно важные вопросы, касающиеся безопасности плавания. Утрата остойчивости почти всегда означает гибель судна и очень часто экипажа. На остойчивость могут действовать множество факторов, некоторые из них перечислены ниже.

Самопроизвольное перемещение грузов: перевозка грузов сопряжена с опасностью их смещения, образования опасного статического крена и потери остойчивости, поэтому во время плавания необходимо: осуществлять регулярный визуальный контроль за состоянием груза, с ухудшением погоды избегать курсов, попутных бегу зыби, и лагом к зыби, следовать со скоростью, при которой исключаются резкие удары о волну. В марте 1987 г. Теплоход «Комсомолец Киргизии» находился в Атлантическом океане, следуя с грузом муки на Кубу. У берегов США он попал в обычный для марта шторм. Под действием качки произошло смещение груза, появился крен, а затем и течь.

Капитан оставил судно последним, когда оно, окончательно теряя остойчивость и плавучесть, уже почти совсем лежало на борту и над водой возвышалась лишь надстройка. Все 37 членов экипажа были доставлены в порт Атлантик-Сити. Еще один случай произошел в 1993 г. 17 сентября, теплоход «Полесск», вышел из Канады с грузом зерна. В центре штормового циклона связь с судном прервалась. Ни судно и никто из членов экипажа не

были найдены. Комиссия, расследовавшая происшествие пришла к выводу, что произошло смещение зернового груза, приведшее к быстрому опрокидыванию судна.

Также на остойчивость могут влиять жидкие грузы. Перетекание жидкого груза со свободной поверхностью в сторону наклона создает дополнительный кренящий момент, уменьшает остойчивость и приводит к серьезной аварии, поэтому прием и расходование жидких грузов должно быть под постоянным контролем экипажа, так, в 2020 г. 24 ноября на нефтяном танкере «Генерал Ази Асланов» произошло смещение жидкого груза и утечка топлива, после чего произошел взрыв и судно накренилось, на судне была объявлена борьба за живучести, к месту ЧП были направлены 3 спасательных судна.

Еще одной из самых распространенных причин потери остойчивости является обледенение. Для судов, плавающих в зимних сезонных зонах, учитывают возможность обледенения, влияние которого равносильно приему высоко расположенного груза, увеличивающего водоизмещение и уменьшающего остойчивость, создается кренящий момент, действие которого в условиях пониженной остойчивости может приводить к возникновению значительных углов крена.

При возникновении угрозы обледенения необходимо принять следующие меры: выбрать курс и скорость с таким расчетом, чтобы разбрызгивание и заливание было наименьшими, попеременно изменять курс судна, приводя ветер на правый и левый борта с целью устранения неравномерности обледенения бортов и увеличения статического крена, вести наблюдение за остойчивостью судна, при появлении статического крена принять меры к его уменьшению. Пример аварии: Судно «Восток» 25 мая 2018 г. под воздействием штормового ветра и волнения подверглось обледенению, потеряло остойчивость и потерпело крушение.

Из практики известно довольно много случаев гибели судов вследствие потери ими остойчивости и опрокидывания, но также стоит отметить ситуацию, связанную с затоплением. Краболов «Акванавт», порт приписки Владивосток, потерпел крушение утром 2 февраля 2022 г. у причала порта Зарубино в Приморском крае, рисунок. Краболов подошел с креном и буквально сразу стал уходить на дно. По мнению очевидцев ЧП, причиной быстрого затопления судна могла стать пробоина в корпусе краболова.



Фото с места аварии краболова «Акванавт»

Не исключено также, что к трагедии привели ошибки со стороны экипажа. Ситуация развивалась так быстро, что экипаж и все, кто находился на берегу, ничего не успели понять. До полного затопления – считанные минуты. Люди бросали на берег личные вещи и документы. На данный момент известно, старший механик Игорь Сомин погиб. Его тело достали на поверхность. Судовладелец сообщал, что было эвакуировано 14 членов экипажа, судно затонуло за несколько минут.

Статистика аварий по причине потери остойчивости

Год	Количество аварий
2015	1
2016	1
2017	–
2018 од	2
2019	1
2020	3
2021	–
2022	1

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что остойчивость является важной характеристикой судна. Каждый судоводитель обязан знать особенности своего судна и правильно оценивать факторы, влияющие на его остойчивость.

Библиографический список

1. Вики Чтение. Морские катастрофы [Электронный ресурс]. URL: <https://law.wikireading.ru/> (дата обращения: 9.04.22).
2. East Russia (ист раша). Потеря остойчивости от обледенения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eastrussia.ru/news/> (дата обращения: 9.04.22).
3. Камсторм. Основы теории судна [Электронный ресурс]. URL: https://kamstorm.ru/info/ustroytus.php_
4. Soviet Trawler (совет траулер). Аварии и катастрофы судов рыбной промышленности России [Электронный ресурс]. URL: https://soviet-trawler.narod.ru/main_r/list5rus_r.html_
5. Prima Media (прима медиа). Расследование дела о судне «Восток» [Электронный ресурс]. URL: https://primamedia.ru/news/1157334/_
6. Mir Marine (мир марин). НБЖС [Электронный ресурс]. URL: https://mirmarine.net_

Максим Витальевич Кордюк

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭМс-112, Россия, Владивосток, e-mail: pillers@mail.ru

Александр Анатольевич Касаткин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭМс-112, Россия, Владивосток, e-mail: pillers@mail.ru

Научный руководитель – Виктория Викторовна Бойко, старший преподаватель

Конструктивное обеспечение непотопляемости судна

Аннотация. Непотопляемость является одним из основных мореходных качеств, обеспечивающих безопасность судна. Достижение непотопляемости морского судна затрагивает обширный ряд вопросов теоретических и практических направлений, решение которых может вызвать некоторые трудности. Целью данной статьи является анализ конструктивного обеспечения непотопляемости.

Ключевые слова: непотопляемость, аварийность, безопасность на море.

Maxim V. Kordyuk

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMs-112, Russia, Vladivostok, e-mail: pillers@mail.ru

Alexander A. Kasatkin

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMs-112, Russia, Vladivostok, e-mail: pillers@mail.ru

Scientific adviser – Viktoria V. Boyko, Senior Lecturer

Structural assurance of the ship's unsinkability

Abstract. Unsinkability is one of the main seakeeping qualities that ensure the safety of the vessel. Achieving the unsinkability of a sea vessel affects a wide range of theoretical and practical issues, the solution of which may cause some difficulties. The purpose of this article is to analyze the structural assurance of unsinkability.

Keywords: unsinkability, accident rate, safety at sea.

Непотопляемость судна – его способность выдерживать аварийные повреждения, приводящие к затоплению одного или нескольких отсеков, сохраняя при этом достаточный запас плавучести и остойчивости. Конструктивное обеспечение судна осуществляется на стадиях проектирования и постройки судна и сводится к назначению таких запасов плавучести и остойчивости, чтобы при затоплении заданного числа отсеков сохранялись мореходные качества судна. Наиболее эффективным средством для использования запаса плавучести при повреждении корпуса является деление судна на отсеки водонепроницаемыми переборками и палубами.

Все переборки должны быть сконструированы так, чтобы выдерживать наибольшее давление воды. Данная система наглядно показана на рис. 1.

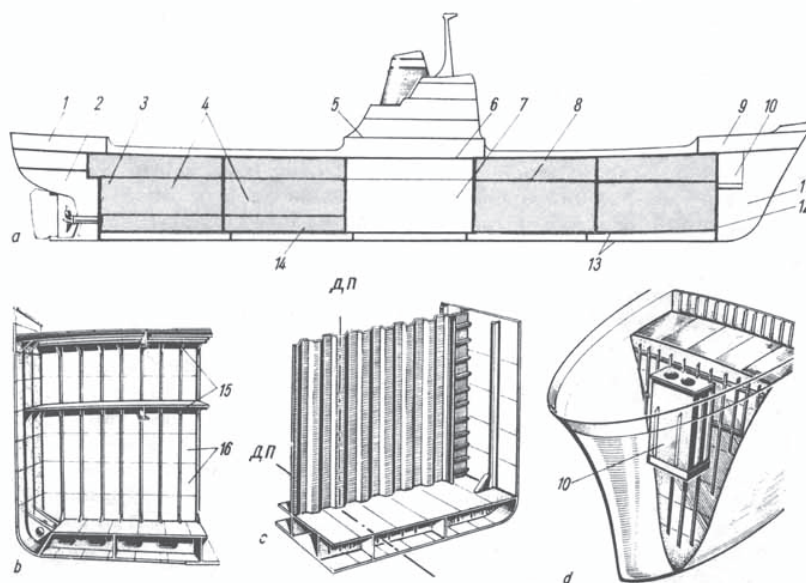


Рисунок 1 – Разделение судна на отсеки с помощью переборок

Разделение судна путем установки водонепроницаемых переборок сильно повышает его живучесть. Вносить такие изменения можно только с разрешения Морского регистра судоходства.

Так, из-за отсутствия водонепроницаемых переборок на рыболовном судне «Мирослава» 7 июля 2016 г. в Татарском проливе произошла потеря остойчивости и, как следствие, опрокидывание судна. При подъёме трала с большим уловом судно получило крен на левый борт и опрокинулось. Переборки были убраны с целью повышения его производительности во время переработки продукции.

Немаловажное значение имеет палуба переборок. Палуба переборок – самая верхняя часть непрерывной палубы, до которой доходят поперечные герметичные переборки на всю ширину судна.

В качестве второго примера можно привести случай с крушением Титаника, который произошел 15 апреля 1916 г. Лайнер имел 16 водонепроницаемых отсеков, и даже если бы четыре из них заполнились водой, судно удержалось бы на плаву. Однако эти отсеки не были изолированы от верхней части судна палубой переборок, и когда судно получило повреждение, отсеки затопило водой. Лайнер накренился и, в конце концов, пошёл ко дну.

Также способом конструктивного обеспечения непотопляемости является установка двойного дна и двойных бортов, что при неглубоких повреждениях ограничивает поступление в корпус судна воды пределами одного, сравнительно небольшого отсека в междудонном пространстве. Оно является платформой, на которую оказывается большая нагрузка от грузов, перевозимых судном, энергетических установок и прочих механизмов; при повреждении днища предотвращает попадание воды в корпус судна, а на танкерах – розлив нефти. Безопасность двойного дна заключается в том, что при повреждении наружной обшивки в районе двойного дна судно остаётся на плаву. По этой причине требованиями Международной конвенции по охране человеческой жизни на море в течение многих десятилетий все пассажирские суда должны иметь двойное дно. Еще более надежную защиту обеспечивает двойные борта, образованные продольными переборками, отстоящими от бортовой обшивки в среднем на расстоянии 1100 мм (800–1500 мм. Зависит от типа судна). Двойной борт, так же, как и двойное дно, увеличивает живучесть судна при случайном повреждении обшивки, рис. 2.

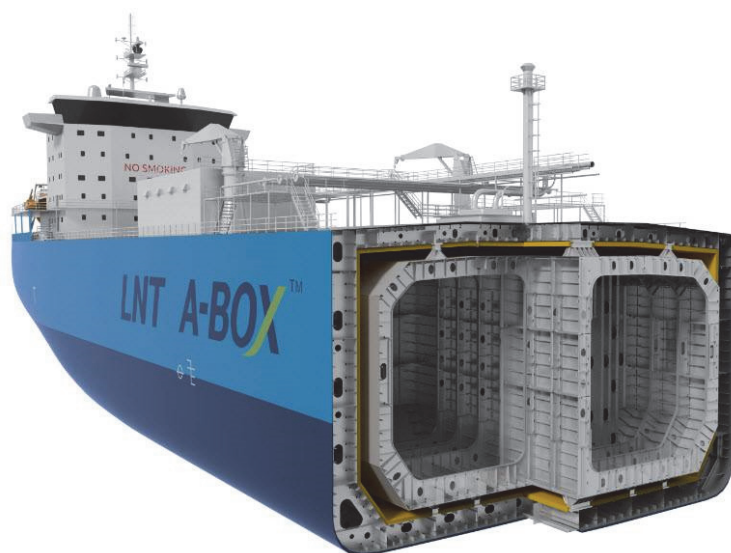


Рисунок 2 – Двойное дно и двойные борта

Примером служит греческий танкер «Пропонтис», который снялся с места аварии в Финском заливе в 2007 г. Затопление судна и розлив нефти удалось предотвратить благодаря наличию двойного дна и двойных бортов. Водолазы провели обследование и обнаружили пробоину и две вмятины в наружном корпусе носовой части танкера. Причину возникновения пробоин установить не удалось.

Опираясь на официальные источники, рассмотрим статистику аварий на водном транспорте. Наиболее распространены аварии, связанные с потерей остойчивости и повреждением корпуса (рис. 3).



Рисунок 3 – Аварии, связанные с потерей остойчивости и повреждением корпуса

Также можно отследить статистику аварий за определенный период. По данным сайта Ространснадзора, в таблице представлено количество аварийных случаев за 2015–2021:

Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Кол-во аварий по причине затопления	8	3	6	7	7	5	5

Таким образом, исходя из вышеуказанного, мы можем сделать вывод, какое большое значение для безопасности судна оказывает конструктивное обеспечение, которым категорически нельзя пренебрегать. В результате работы были рассмотрены способы, связанные с конструктивными особенностями судна, с помощью которых достигается непотопляемость, и представлены примеры аварий и аварийности на морском водном транспорте.

Библиографический список

1. <https://sea-man.org/nepotoplyaemost-sudna.html>.
2. <https://studme.org/324207/tehnika/nepotoplyaemost>.
3. <https://studfile.net/preview/5125392/#:~:text=Наиболее%20эффективным%20средством%20для%20использования,не%20сможет%20использовать%20запас>.
4. <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/wp-content/uploads/sites/5/2015/01/Sbornik-harakterny-h-AS.-2016.-2.pdf>.
5. <https://poisk-ru.ru/s60421t18.html>.
6. <https://zen.yandex.ru/media/id/5e32e1eb7065cb58f698c1b6/6-vozmojnyh-prichin-zatopleniia-titanika-vkliuchaia-oficialnuiu-versiiu-5f7f9487bd4c46455673417a>.
7. <https://seaships.ru/bilge.htm>.
8. https://studopedia.ru/8_59244_konstruktivnoe-obespechenie-nepotoplyaemosti.html.
9. https://www.dp.ru/a/2007/02/12/Zaliv_spaslo_dvojnoe_dno2.

Алексей Сергеевич Коробков

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-512, Россия, Владивосток, e-mail: alex89644355996@mail.ru

Научный руководитель – Евгений Николаевич Бакланов, доцент

Жизнь без GPS

Аннотация. Сложная геополитическая обстановка в мире сопровождается взаимными санкциями (ограничениями) в различных областях деятельности. Рассматриваются возможные последствия ограничений, накладываемых на применение спутниковых навигационных систем, их влияние на эффективность и безопасность мореплавания.

Ключевые слова: GPS, ГЛОНАСС, санкции, радионавигационное оборудование.

Alexei S. Korobkov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-512, Russia, Vladivostok, e-mail:
alex89644355996@mail.ru

Scientific adviser – Evgeniy N. Baklanov, Associate Professor

Life without GPS

Abstract. The complex geopolitical situation in the world is accompanied by mutual sanctions (restrictions) in various fields of activity. The article discusses the possible consequences of restrictions imposed on the use of satellite navigation systems, their impact on the efficiency and safety of navigation.

Keywords: GPS, GLONASS, radio navigation equipment.

GPS – это сокращение от Global Positioning System (Глобальная Система Позиционирования), система, позволяющая определять свои географические координаты в любой точке земного шара, в любое время и с достаточно высокой точностью. Система состоит из 32 спутников (24 работающих, 8 резервных), вращающихся вокруг Земли по 6 точно определенным орбитам. Эти спутники передают, с определенным интервалом времени, сигналы, которые улавливаются специальными приемниками – GPS-навигаторами.

Сигнал спутника содержит информацию о номере спутника и точном времени отправки сигнала. Спутники используют высокоточные атомные часы, а в процессор навигатора заложена информация, где и в какое время каждый спутник должен находиться. Сопоставляя время прохождения сигнала и местоположение спутников, навигатор и вычисляет свои точные географические координаты.

Высокая точность хода атомных часов, учет дополнительной информации о состоянии земной атмосферы (влияющего на прохождение радиосигнала от спутника до приёмника) позволяют получать координаты места с погрешностью, достигающей нескольких сантиметров (миллиметров в случае применения дополнительных технических средств). Но тот факт, что радиосигнал от спутника к приёмнику транслируется по открытым радиоканалам (на известных частотах), делает возможным вмешательство человека в работу системы как извне (вмешательство посторонних людей и инстанций), так и изнутри (вмешательство администрации организации).

На сегодняшний день известны случаи сбоев в работе GPS. Третьего января 2020 г. в 02:47 UTC на судне, стоящем на якоре в территориальных водах Мальты вблизи порта

Марсашлокк, GPS-приемник выдал ошибку «GPS NO FIX». Сообщение об ошибке сопровождалось звуковой сигнализацией. Приемник показал крайние зафиксированные показания широты. После того, как ошибка потери ГНСС-сигнала появилась на экране GPS-приёмника, значение скорости относительно грунта, стоящего на якоре судна, изменялось в диапазоне от 0 до 77,2 уз.

Ещё один случай был зафиксирован также в территориальных водах Мальты при подходе к порту Валлетта. За 3,5 мили до захода в порт Валлетта 01 марта 2020 г. в 20:47 UTC на навигационном мостике GPS-приемник GP-32 выдал ошибку «No Fix». После полученной ошибки системы, связанные с GPS-приемником, одновременно начали генерировать тревожные сообщения о потере информации ГНСС. Это вызвало сбой в работе систем управления движением. Многие суда останавливались и ждали восстановления работы системы. Однако на судах, оборудованных приемником глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) ГЛОНАСС, не было зафиксировано никаких сбоев.

Ошибки, подобные вышеуказанным, происходят, по сообщениям экипажей судов, у берегов Ливии и Мальты с периодичностью 2 раза в год (зимой и летом). Это провоцирует сбои оборудования, сопряженного с GPS-приемником, нарушает нормальную работу вахтенных экипажей и снижает безопасность мореплавания в регионе в целом. Потеря функциональности аппаратуры, зависимой от ГНСС-сигналов, является одной из причин аварий, связанных с судовождением, несмотря на развитие и доступность современных судовых и береговых систем, предназначенных для улучшения понимания ситуаций и качества принимаемых решений.

Упомянутые сбои в работе ГНСС являлись, скорее всего, случайными, непреднамеренными. Но могут ли подобные сбои (ограничения в работе) быть вызваны намеренным вмешательством определенных администраций в штатную работу навигационных систем? И есть ли пути предотвращения, недопущения таких ситуаций и компенсации их последствий?

Для начала важно понимать, что полностью отключить от GPS какую-то конкретную страну невозможно физически. Даже вывести с орбит спутники, покрывающие, скажем, всю Евразию, невозможно – потому что спутники эти летают вовсе не по геостационарным орбитам, т.е. их положение относительно планеты постоянно меняется, и вычисление координат навигационного приёмника происходит по принципу: «Сначала выясним, где сейчас спутники, сигнал от которых мы принимаем». При этом сами спутники, конечно, тоже не могут отключаться, пролетая над определённой территорией. Такой возможности не заложено в их функционал. А вот селективный доступ в определённой геозоне включать можно.

Дело в том, что в GPS используется два сигнала – высокой точности и стандартной точности. Для военного и гражданского применения соответственно. Первый – шифрованный и доступный только американским военным приёмникам. Второй доступен всем. Так вот, в этот гражданский сигнал можно вносить намеренные ошибки, что значительно снижает точность определения координат. До начала 2000-х гг. их вносили намеренно, погрешность для гражданских пользователей была установлена на уровне 100 м. Однако она может быть снижена ещё больше. Например, во время войны в Чечне, во время военных действий в Ираке или во время запусков ракет в Плесецке GPS «ошибался» в ближайших окрестностях на плюс-минус километр и более. То есть использование GPS в таких ситуациях становится вообще бессмысленным для всех.

Исходя из этих соображений, ещё в конце прошлого столетия в России была поставлена задача создания собственной (национальной) ГНСС – ГЛОНАСС. Сначала она использовалась только в военных целях, впоследствии стала общедоступной, причем не только для российских потребителей, но и на международном рынке. Применение ГЛОНАСС одновременно с GPS значительно повышает точность определения координат и позволяет узнавать местоположение там, где GPS не работает – это особенно актуально для южных и северных высоких широт.

Для оценки вероятных потерь (осложнений) в случае «отключения» GPS, но при наличии ГЛОНАСС рассмотрим характеристики обеих систем (таблица).

Технические характеристики ГНСС GPS и ГЛОНАСС

Характеристика	ГЛОНАСС	GPS
Количество спутников	24	24
Количество орбитальных плоскостей	3	6
Количество спутников в каждой плоскости	8	4
Тип орбиты	Круговая	Круговая
Высота орбиты, км	19100	20200
Наклонение орбиты, град	64,8+-0,3	55 (63)
Период обращения	11 ч 15,7 мин	11 ч 56,9 мин
Способ разделения сигналов	Частотный	Кодовый
Навигационные частоты, МГц: - диапазон L1 - диапазон L2	1602,56–1615,5 1246,44–1256,5	1575,42 1227,6
Период повторения ПСП	1 мс	1 мс (C/A-код) 7 дней (P-код)
Тактовая частота ПСП, МГц	0,511	1,023 (C/A-код) 0,23 (P,Y-код)
Скорость передачи цифровой информации, бит/с	50	50
Длительность суперкадра, мин	2,5	12,5
Число кадров в суперкадре	5	25
Число строк в кадре	15	5
Погрешность* определения координат в режиме ограниченного доступа: - горизонтальных, м - вертикальных, м	Не указана	18 (P,Y-код) 28 (P,Y-код)
Погрешности определения проекций линейной скорости, см/с	15 (СТ-код)	<200 (C/A-код) 20 (P,Y-код)
Погрешность определения времени: - в режиме свободного доступа, нс - в режиме ограниченного доступа, нс	1000 (СТ-код) –	340 (C/A-код) 180 (P,Y-код)
Система отсчета пространственных координат	ПЗ-90	WGS-84

Как видим, они во многом подобны, но имеют некоторые различия, ГЛОНАСС-система работает более стабильно, чем американский аналог, но при этом уступает по точности позиционирования. Зато система ГЛОНАСС более эффективна в высоких широтах, что актуально для нашей страны – освоение акваторий Северного морского пути является одной из первоочередных народно-хозяйственных задач. Технология GPS в этом плане уступает, потому что её спутники имеют не подходящее расположение для покрытия южных и северных широт.

Таким образом, можно сделать следующие выводы. Полное отключение российских потребителей от услуг ГНСС невозможно. По крайней мере – методами изменения технических параметров и настроек систем. Выполнение такой задачи невозможно без физического разрушения инфраструктуры системы, что в современных реалиях, к счастью, не рассматривается. Возможно некоторое непредсказуемое ухудшение точности определения географических координат в отдельных регионах (акваториях). Этот факт повышает актуальность несения навигационной вахты всеми должными способами и напоминает судоводителю о недопустимости пренебрежения любыми источниками навигационной информации.

Библиографический список

1. Кашкаров А. Система спутниковой навигации ГЛОНАСС. М.: Изд-во «ДМК-Пресс», 2018.
2. Богданов М. Применения GPS-ГЛОНАСС. Долгопрудный: Изд-во: «ИД Интеллект», 2012.

Андрей Алексеевич Куявский

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. СВс-312, Россия, Владивосток, e-mail: a-kuyavskiy@mail.ru

Научный руководитель – Иван Сергеевич Карпушин, канд. техн. наук, доцент

Плавание в порту Владивосток

Аннотация. Представлены материалы по теме плавания в порту Владивосток, якорные стоянки и подходы для периодически заходящих в порт судов и для судов, осуществляющих постоянное плавание.

Ключевые слова: Владивосток, границы порта, правила плавания, акватории, подходы, якорные стоянки, опасности, СУДС, лоцманская проводка.

Andrey A. Kuyavskiy

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-312, Russia, Vladivostok, e-mail: a-kuyavskiy@mail.ru

Scientific adviser – Ivan S. Karpushin, PhD, Associate Professor

Swimming in the port of Vladivostok

Abstract. This report presents materials on the topic of navigation in the port of Vladivostok, anchorages and approaches for periodically calling at the port and for vessels that are constantly sailing in it.

Keywords: Vladivostok, borders of the port, regulations of sailing, water areas, approaches, anchorages, dangers, VTS, pilotage.

С увеличением количества судов и поднятием спроса на морскую перевозку правила плавания судов в портах занимают одну из важнейших стезей Правил мореплавания.

Правила устанавливают порядок плавания и якорной стоянки судов в порту Владивосток и на подходах к нему, а также порядок взаимодействия судов с СУДС порта Владивосток. Правила и район действия СУДС порта Владивосток распространяются на акваторию порта Владивосток, часть Амурского залива, ограниченную линиями, соединяющими мысы Фирсова и Песчаный, мысы Перевозный, Васильева и Старицкого, и на часть Уссурийского залива, ограниченную линиями, соединяющими мыс Трех Камней, точки 43°03,00' N, 132°10,00' E; 42°53,00' N, 132°00,00' E и мыс Тобизина.

Акватория порта Владивосток включает акваторию пролива Босфор-Восточный, бухт Золотой Рог, Диомид, Улисс, Патрокл, Аякс, Парис, северо-западную часть бухты Новик, а также прилегающие участки Уссурийского и Амурского заливов.

Западная граница акватории порта Владивосток проходит по линии, соединяющей мыс Фирсова, точку 43°10,00' N, 131°49,30' E, светящий знак Уши и мыс Старицкого.

Восточная граница акватории порта Владивосток проходит по линии, соединяющей точки:

- 1) 43°04,20' N, 131°57,80' E;
- 2) 43 04,20 132 00,40;
- 3) 43 02,37 132 00,40;

4) южная оконечность острова Скрыплева;

5) мыс Каразина.

Граница акватории порта Владивосток в бухте Новик проходит по линии, соединяющей точки:

1) 43°03,22' N , I 31 e 50,82' E;

2) 43 02,72 131 49,82.

Акватория порта Владивосток делится на внутренний и внешний рейды. Внутренняя дорога включает в себя часть пролива Босфор-Восточный, ограниченную с востока линией, соединяющей мысы Новосильский и Назимов, а с запада – линией, соединяющей мыс Безымянный с Токаревским маяком. Остальная акватория порта представляет собой внешний рейд. Акватория порта Владивосток в указанных границах находится в совместном пользовании Владивостокского морского торгового порта, Владивостокского морского рыбного порта и Главной военно-морской базы Тихоокеанского флота Российской Федерации. В акватории порта Владивосток устанавливаются районы, запрещенные для плавания всех судов, за исключением кораблей и судов Тихоокеанского флота и Пограничной службы. Информация о таких направлениях приведена в публикации № 4440. Информация о подходе судов к порту Владивосток передается капитанам морского и рыбного портов через морских агентов за 48, 24 ч и обновляется за 4 ч до подхода судна к границе акватории порта. Содержание сведений о подходе, порядок оформления прихода и отхода судов, буксировки, швартовки и стоянки судов у причалов, карантинные и санитарные правила регулируются Обязательными постановлениями администраций портов.

Суда, находящиеся на плаву в акватории порта Владивосток, должны соответствовать следующим требованиям: - главные двигатели должны быть готовы к немедленному выполнению любых маневров; - якоря должны быть готовы к немедленному возврату. Суда на ходу и на якоре в районе действия правил настоящего раздела обязаны нести постоянную радиовахту на 67-м канале. Суда могут прекращать радиовахту на 67-м канале только с разрешения Центра СУДС. Для малых судов, за исключением лоцманских, буксирных и рейдовых, допускается несение постоянной радиовахты на 16-м канале. Запрещается движение судов в акватории порта, если судно не имеет средств радиосвязи, требуемых пунктом 8.1.9, а также работающей радиолокационной станции с видимостью менее 5 кбт. При скорости ветра на акватории порта более 15 м/с запрещается покидать места базирования маломерных судов, за исключением лоцманских, буксирных и рейдовых судов, движение которых в таких условиях осуществляется с разрешением ИГПК.

Организация движения судов

Плавание судов в акватории порта Владивосток и на подходах к нему осуществляется с использованием рекомендуемых путей, систем разделения движения, фарватеров и других маршрутных мероприятий, указанных на навигационных картах и приведенных в других официальных изданиях. Малые суда на акватории порта должны использовать прибрежные зоны плавания и не должны препятствовать движению судов по установленным фарватерам. Малые суда для перехода из зоны прибрежного плавания № 2 в зону прибрежного плавания № 3 и обратно должны пересекать Шкотовский фарватер только в районе между мысами Назимова и Поспелова, уступая при этом дорогу всем судам, следующим по фарватеру.

Плавание под парусом и на веслах разрешено только на внешних рейдах порта; на внутренних рейдах порта парусные и гребные суда должны буксироваться моторным судном. В зависимости от судоходной ситуации и по согласованию с Центром суда местного плавания длиной до 50 м могут использовать пути движения, включающие установленные фарватеры и зоны прибрежного плавания. На Шкотовском фарватере (№ 8) установлено двустороннее движение. Суда должны следовать по правой стороне оси фарватера, которая является линией разделения движения. На Токаревском фарватере (№ 9) и фарватере бухты Золотой Рог (№ 10) режим движения (односторонний или двусторонний) устанавливается Центром в зависимости от навигационной обстановки, видов и размера судов.

На входе в бухту Золотой Рог установлен район повышенной осторожности судоходства (район № 10) со светящимся буюм в его центре. Суда должны оставлять этот буй или его место (при отсутствии буя в зимнее время) своим левым бортом. Скорость движения по фарватерам № 8, 9, 10 не должна превышать 9 уз. Скорость движения пассажирских судов местного сообщения не должна превышать 12 уз на всей акватории порта.

Суда на подводных крыльях в бухте Золотой Рог должны двигаться в водоизмещающем состоянии со скоростью не более 12 уз. В условиях ограниченной видимости (менее 1 мили) такие суда должны плавать по всей акватории порта в водоизмещающем состоянии со скоростью не более 12 уз. Обгон судов в акватории порта запрещен, за исключением местных пассажирских судов, которые должны получить разрешение на обгон в Центре, а также маломерных судов в зонах прибрежного плавания. Транзитный проход танкеров через пролив Босфор-Восточный допускается только на основании специального разрешения капитана порта.

Суда заходят и выходят из бухты Улисс на основании разрешения поста рейдовой службы, запрашиваемого через Центр. Рыбалка на фарватерах, в районах якорной стоянки, в районе повышенной навигационной осторожности, а также в бухтах Золотой Рог, Диомид и Улисс запрещена. В целях обеспечения плавания военных кораблей движение других судов в акватории, указанной в настоящем разделе, может быть временно запрещено полностью или частично. Для частичного запрета движения используются следующие разделы:

- № 1 – акватория бухты Золотой Рог восточнее линии, соединяющей причалы № 37 и 43 (меридиан 131°53,50' E);

- № 2 – акватория бухты Золотой Рог к западу от участка № 1 и акватория пролива Босфор-Восточный, ограниченная линиями, соединяющими мысы Голдобина, Безымянный и маяк Токаревского;

- № 3 – акватория пролива Босфор-Восточный с бухтой Диомид, ограниченная линиями, соединяющими: на западе – мысы Голдобина и Безымянный, на востоке – мысы Поспелова и Острый,

- № 4 – акватория пролива Босфор-Восточный с бухтой Улисс, ограниченная линиями, соединяющими: на западе – мысы Поспелова и Острый, на востоке – мысы Назимова и Новосильского;

- № 5 – акватория пролива Босфор-Восточный с бухтами Патрокл, Аякс и Парис, ограниченная линиями, соединяющими: на западе – мысы Назимова и Новосильского, на востоке – мыс Басаргина, остров Скрыплева и мыс Каразина;

- № 6 – акватория Уссурийского залива, ограниченная линиями, соединяющими: на западе – мыс Басаргина, остров Скрыплева и мыс Каразина, на востоке – северный мыс бухты Сухопутная, точки 43°03,00' N, 132°02,20' E; 42°59,00' N, 131°58,00' E и мыс Ахлестышева;

- № 7 – акватория Амурского залива, ограниченная линиями, соединяющими: на востоке – маяк Токаревского и мысы Безымянный, Ларионова и Старицкого, на западе – мыс Чернявского, точки 43°04,00' N, 131°43,70' E; 43°10,00' N, 131°50,00' E к мысу Фирсова.

Центр оповещает суда о запрещении движения на каналах 67 и/или 16. С объявлением запрещения движения суда обязаны принять меры по прекращению движения и постановке на якорь или к причалу, руководствуясь при этом указаниями Центра.

Пассажирские суда местного сообщения после объявления о запрещении движения должны получить от Центра указания относительно дальнейшего движения и могут продолжать плавание с повышенной осторожностью.

Центр оповещает суда об отмене запрещения движения на каналах 67 и/или 16. Движение судов возобновляется только при наличии индивидуального разрешения с указанием времени начала движения, получаемого каждым судном от Центра.

Распоряжением капитана порта на время ледовой навигации может быть установлена временная организация движения судов на акватории порта, отличающаяся от изложенной в данном разделе.

Якорная стоянка

Для стоянки судов в проливе Босфор-Восточный, в Амурском и Уссурийском заливах определяются районы стоянок. Якорная стоянка № 1 в районе № 162 предназначена для кратковременной постановки на якорь российских сухогрузов с целью постановки на учет властями. Район № 163А предназначен для кратковременной стоянки российских и иностранных сухогрузов. Иностранные суда бросают якорь в восточной части района. Район № 163 предназначен для короткой якорной стоянки российских сухогрузов. В районах № 163 и № 163А власти проводят регистрацию судов и пополнение запасов судов. Район № 164 предназначен для стоянки фирменных кораблей и других боевых кораблей. Район № 164А предназначен для стоянки российских и иностранных судов. Иностранные суда бросают якорь в восточной части района. Район № 175А предназначен для стоянки и карантинной стоянки иностранных судов. Район № 175Б предназначен для стоянки и карантинной стоянки российских судов. Район № 168 предназначен для стоянки российских и иностранных танкеров. Иностранные суда бросают якорь в западной части района. Якорные места на западной стороне полуострова Шкота предназначены для постановки судов на случай снятия судов с якорных стоянок на внутреннем рейде в штормовую погоду. Иностранные суда бросают якорь в южной части региона. Район № 169, расположенный в 2 милях западнее мыса Старинный, предназначен для кратковременной постановки на якорь судов, следующих в порт со стороны Амурского залива, в случае запрета движения на акватории порта, а также для карантинной стоянки. Постановка судов на якорь осуществляется с разрешения Центра, который дает судну указание места стоянки, сообщает судну направление и расстояние до места стоянки, дает рекомендации относительно режима движения и момента постановки на якорь. По завершении постановки на якорь судно должно сообщить в Центр и ГПСК время снятия с якоря и длину вытравленной якорной цепи.

В акватории порта запрещается ставить суда (кроме маломерных) на якорь вне указанных мест и районов, за исключением аварийных случаев. Стоянка судов с вышедшими из строя главными двигателями или с неисправным якорным устройством в акватории порта Владивосток допускается только по специальному разрешению капитана морского порта и с буксирным сопровождением.

Для российских малых судов и других судов местного плавания заход в указанные районы якорных стоянок запрещен, за исключением авторизованного обслуживания судов на якорных стоянках. Суда, находящиеся на якорных стоянках, при получении штормового предупреждения должны привести главные двигатели в постоянную готовность и быть готовыми сменить якорную стоянку по указанию Центра или покинуть акваторию порта по приказу ИГПК.

Лоцманская проводка в акватории порта Владивосток обязательна на внутреннем рейде, на Токаревском фарватере, а также в акватории, прилегающей к нефтебазе Первая Речка, севернее параллели 43°08.00' с.ш.: для всех иностранных судов; для российских судов валовой вместимостью более 500; для всех танкеров и других судов, перевозящих опасные грузы. Порядок получения судами свидетельства об освобождении от обязательной лоцманской проводки устанавливается администрацией порта.

Порядок взаимодействия с СУДС

СУДС порта Владивосток осуществляет взаимодействие с судами на следующих каналах радиосвязи:

- 67-м (рабочий);
- 16-м (вызова и безопасности);
- резервном, назначаемым Центром.

Позывной Центра СУДС – «Владивосток Трефик». Центр по запросу судна оказывает помощь в установлении связи с судовыми агентами и другими портовыми службами. До 20:00 по местному времени морские агенты обязаны подать в Центр и в ГПСК заявку на заход в порт или выход из порта судов под их агентированием на следующие сутки. В приложении указывается: - тип, название, флаг, позывной и идентификационный номер

ИМО; - владелец/оператор судна; - максимальная длина, ширина и высота надводного борта; - время прибытия или отправления; - последний порт захода (для прибывающих судов); - порт и терминал назначения (для прибывающих судов); - первый порт захода (для отходящих судов); - тип и количество груза.

Суда, идущие из моря, при пересечении границы правил раздела 8 (пункт 8.1.2) должны установить телефонную радиосвязь с Центром на 67-м канале и передать следующую информацию: - название и флаг судна; - агент; - наибольшая фактическая осадка; - неисправности (повреждения или ограничения, влияющие на плавание и безопасность судна). Если агент не подает заявку, судно должно по запросу Центра передать дополнительную информацию.

Центр, получив необходимую информацию от судна, разрешает судну заход в акваторию порта, указывает маршрут и скорость движения, место стоянки, а также информирует судно о навигационной обстановке на маршруте. Судно, намеревающееся начать движение, должно не менее чем за 15 мин до начала стрельбы с якоря или швартовных линий запросить у Центра разрешение на начало движения и согласовать расчетное время начала движения. Полученное разрешение аннулируется и должно быть повторно запрошено судном, если судно не начнет движение в течение 15 мин после согласованного с Центром времени.

Судно, начавшее движение, обязано сообщить об этом в Центр. Судно, намеревающееся покинуть территорию порта, должно получить разрешение властей на выход из порта, запросить разрешение Центра на начало движения в соответствии с пунктом 8.5.5 и передать следующую информацию: - название и флаг судна; - агент; - наибольшая фактическая осадка; - номер разрешения на выход из порта, полученный в СПСИ. В случае непредставления агентом заявления на отправление судна, указанного в пункте 8.5.2, судно обязано по запросу Центра передать необходимую информацию. Центр после получения донесения с судна о начале движения указывает маршрут и скорость движения (при необходимости место стоянки и высадки лоцмана), а также информирует судно о навигационной обстановке на маршруте движения.

Судно, выходящее из бухты Золотой Рог, должно сообщить в Центр о прохождении мыса Эгершельд (причал 12 торгового порта). Судно, принявшее лоцмана или осуществившее высадку лоцмана, должно сообщить об этом в Центр. Судно, выходящее из акватории, при пересечении линий, соединяющих мыс Три Камня, точки 43°03,00' с.ш., 132°10,00' в.д. и 42°53,00' с.ш., 132°00,00' в.д., должно установить телефонную радиосвязь с Центром, получить разрешение на прекращение радиodeжурства на 67-м канале, перейти к ведению постоянной радиовахты на 71-м канале и при дальнейшем плавании соблюдать правила раздела 5.

Судно, ранее установившее телефонную радиосвязь с Центром на 67-м канале, выходя за пределы акватории, указанной в настоящем разделе (пункт 8.1.2), при пересечении линии, соединяющей мысы Перевозный и Васильева, и линии, соединяющей мыс Тобизина и точки 42°53,00' северной широты, 132°00,00' восточной долготы, продолжать радионаблюдение на канале 67 и сообщить о своем местонахождении.

Порт Владивосток является портом, полностью удовлетворяющим регламенту Правил мореплавания. С учетом всех фарватеров, якорных стоянок и опасных мест порт Владивосток можно назвать одним из самых стационарных и подготовленных портов.

Библиографический список

http://shturman-tof.ru/Bibl/Bibl_2/Bibl_2_9.htm «Библиотека штурмана: правила плавания в портах залива Петра Великого и на подходах к ним (2007)».

Ярослав Дмитриевич Маслаков

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-512, Россия, Владивосток, e-mail: dgonik@lenta.ru

Евгений Олегович Бачкала

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-512, Россия, Владивосток, e-mail: dgonik@lenta.ru

Научный руководитель – Роман Николаевич Алифанов, канд. техн. наук, доцент

Повышение точности функционирования волоконно-оптического гирокомпаса

Аннотация. Представлен анализ соответствия современных волоконно-оптических гирокомпасов требованиям ИМО, рассмотрен принцип функционирования и требования к нему (питание, внешняя коррекция), а также методы повышения точности прибора для улучшения безопасности мореплавания.

Ключевые слова: волоконно-оптический гирокомпас, требованиям ИМО.

Jaroslav D. Maslakov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-512, Russia, Vladivostok, e-mail: dgonik@lenta.ru

Evgeniy O. Bachkala

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-512, Russia, Vladivostok, e-mail: dgonik@lenta.ru

Scientific adviser – Roman N. Alifanov, PhD, Associate Professor

Improving the accuracy of the functioning of the fiber-optic gyrocompass

Abstract. This paper presents an analysis of the compliance of modern fiber-optic gyrocompasses with IMO requirements, considers the principle of operation and requirements for it (power supply, external correction), as well as methods to improve the accuracy of the device to improve navigation safety.

Keywords: fiber-optic gyrocompass, IMO requirements.

Принцип функционирования волоконно-оптического гирокомпаса

Навигационные гирокомпасы (ГК) являются наиболее важными навигационными приборами судов. Международные требования к их установке на обычных судах изложены в главе 5 Конвенции СОЛАС, а эксплуатационные требования к ним изложены в резолюции А.424 (XI) Международной морской организации (ИМО). Эксплуатационные требования к гирокомпасам для высокоскоростных судов предписывают, что они должны дополнительно соответствовать требованиям резолюции ИМО А.821(19). Гирокомпасы на основе гироскопов с вращающимся ротором получили наибольшее распространение на морских судах. Такие гирокомпасы называются традиционными или классическими. Постоянно растущие

требования к точности измерений угловых перемещений судов стимулировали работы как по совершенствованию классических ГК, так и по созданию принципиально новых гироскопических датчиков и гироскопов на их основе. Среди них: гироскопы с косвенным управлением и динамически регулируемым гироскопом, волоконно-оптические (волоконно-оптические) гироскопы, лазерные гироскопы.

Принцип работы оптического гироскопа (гироскопа) основан на эффекте Саньяка. По круговому оптическому пути, как показано на рис. 1, благодаря светоделителю свет распространяется в двух противоположных направлениях. Если в то же время система находится в состоянии покоя относительно инерциального пространства, оба световых луча распространяются встречно по оптическому пути одинаковой длины. Поэтому, когда лучи добавляются в разделитель в конце пути, фазовый сдвиг отсутствует. Однако когда оптическая система вращается в инерциальном пространстве с угловой скоростью Ω , между световыми волнами возникает разность фаз. Это явление называется эффектом Саньяка.

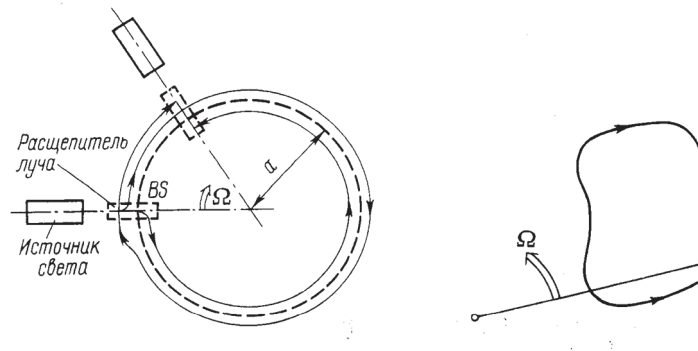


Рисунок 1 – Принцип возникновения эффекта Саньяка

Пусть коэффициент преломления на оптическом пути $n=1$. При радиусе оптического пути a время достижения разделителя лучей светом, движущимся по часовой стрелке, выражается как

$$t_{\gamma} = (2\pi a + a\Omega t_{\gamma})/c, \quad (1)$$

в противоположном направлении

$$t_1 = (2\pi a + a\Omega t_1)/c, \quad (2)$$

где c – скорость света.

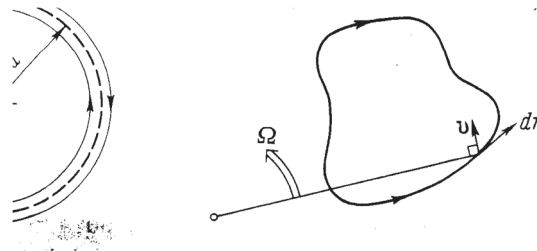


Рисунок 2 – Эффект Саньяка при оптическом пути произвольной формы

Из формул (1) и (2) разность времени распространения двух световых волн с учетом $c \gg a\Omega$

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \quad (3)$$

Это означает, что появляется разность длины оптических путей

$$\Delta L = \frac{4S}{c} \Omega \quad (4)$$

или, иначе говоря, разность фаз

$$\Delta \Psi = \frac{4kS}{c} \Omega, \quad (5)$$

здесь S – площадь, окаймленная оптическим путем; k – волновое число.

Формула (5) вытекает из формулы (3) при допущении, что $n=1$ и оптический путь имеет круговую форму, но возможно доказать, что формула (5) является основной для эффекта Саньяка. Она не зависит от формы оптического пути, положения центра вращения и коэффициента преломления.

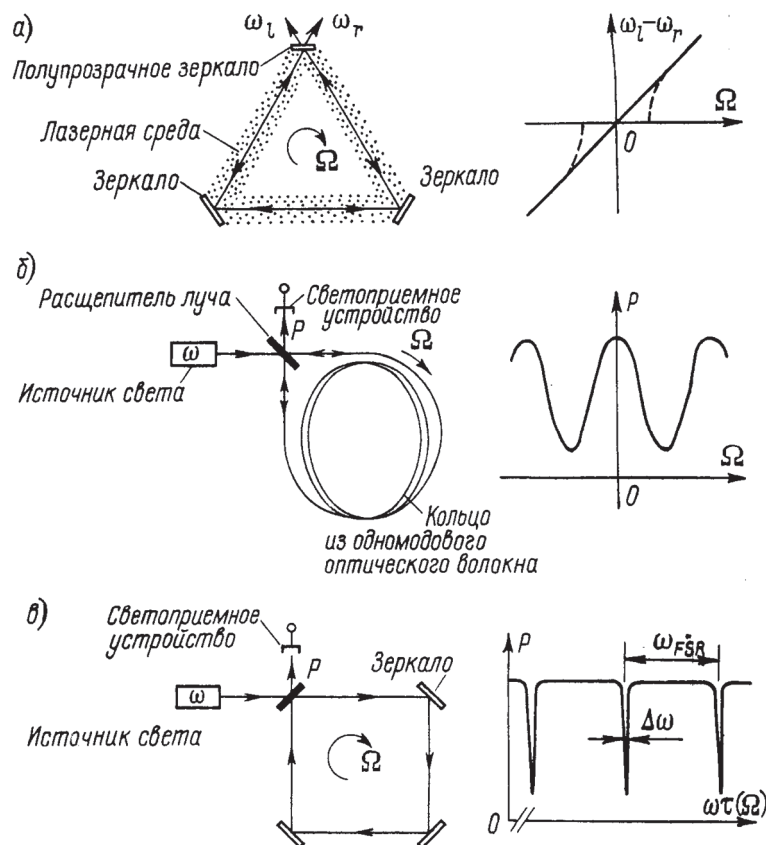


Рисунок 3 – Структурные схемы гироскопов на эффекте Саньяка:

ω_r и ω_l – частота генерации света с правым и левым вращением; t – время, необходимое для однократного прохождения светом кольцевого оптического пути;

ω_{FSR} – полный спектральный диапазон

Структурные схемы оптических гироскопов

На рис. 3 приведены общие схемы систем, разработанных для повышения точности измерений. Кольцевой лазерный гироскоп (рис. 3, а) отличается высокой частотой световой волны – до нескольких сотен терагерц. Волоконно-оптический гироскоп на рис. 3, б имеет высокую чувствительность, благодаря использованию длинного одномодового оптического волокна с низкими потерями. В оптическом гироскопе пассивного типа с кольцевым резонатором (рис. 3, в) используется острая резонансная характеристика резонатора.

Волоконно-оптические гироскопы

На рис. 4 приведена оптическая схема волоконно-оптического гироскопа. По сути, это интерферометр Саньяка (см. рис. 1), в котором круговой оптический контур заменен на катушку из длинного одномодового оптического волокна. Часть схемы, обведенная штри-

ховой линией, необходима для повышения стабильности нулевой точки. Таким образом, разность фаз между двумя световыми волнами, обусловленная эффектом Саньяка, с учетом формулы (5) выражается как

$$\Delta\Psi = \frac{4kSN}{c}\Omega = \frac{4\pi L\alpha}{c\lambda}\Omega, \quad (6)$$

где N – число витков в катушке из волокна; L – длина волокна; α – радиус катушки.

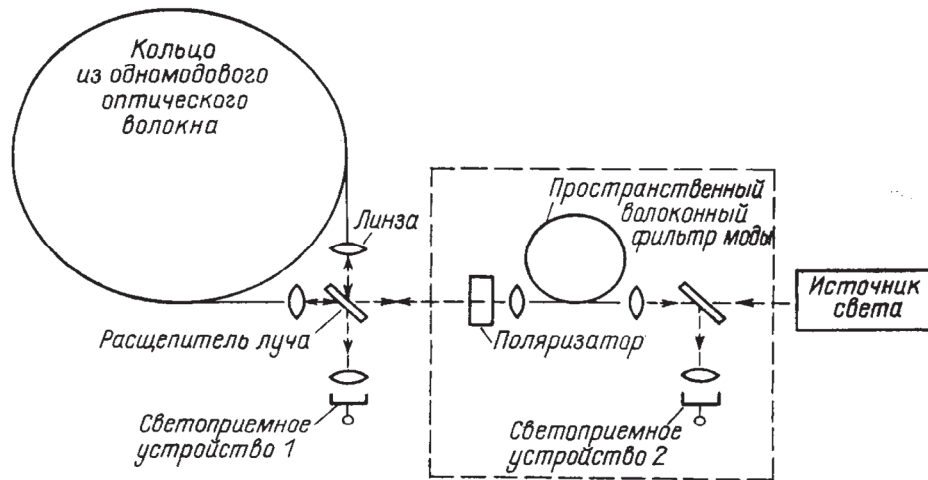


Рисунок 4 – Принципиальная оптическая схема волоконно-оптического гироскопа

Следует обратить внимание на то, что в основные формулы не входит коэффициент преломления света в волокне.

Благодаря совершенствованию технологии производства выпускается волокно с очень низкими потерями. Чтобы не повредить волокно, намотка производится на катушку радиусом несколько сантиметров. При этом не наблюдается сколько-нибудь заметного увеличения потерь. Можно создать сравнительно малогабаритный и высокочувствительный интерферометр Саньяка с катушкой небольшого радиуса (2...5 см), намотав на нее волокно большой длины. Сформировав оптимальную оптическую систему, можно измерять с высокой точностью изменения фазы (в инерциальной навигации – порядка 10^{-6} рад), а затем из формулы (7) определять круговую скорость. Все это и составляет принцип работы волоконно-оптического гироскопа.

Поскольку данный волоконно-оптический гироскоп пассивного типа, в нем отсутствуют такие проблемы, как явление синхронизма.

Пределы обнаружения угловой скорости. В основной оптической системе на рис. 4 оптические пути для света в обоих направлениях обхода будут одинаковы по длине, а поскольку сигнал на выходе светоприемника изменяется пропорционально Q , то гироскоп нечувствителен к очень малым поворотам. Считается, что в системе с оптимальной чувствительностью теоретические пределы обнаружения угловой скорости связаны с дробовым шумом светоприемника. Анализ показывает, что для оптического волокна с потерями α существует определенная длина, позволяющая оптимизировать пределы обнаружения при дробовом шуме:

$$L_{\text{до}} = \frac{8,7}{\alpha} \quad (7)$$

Результаты расчета при типичных значениях параметров приведены на рис. 5. Для оптического волокна с потерями 2 дБ/км пределы обнаружения примерно 10^{-8} рад/с ($0,001^\circ/\text{ч}$). Это как раз значения, применяемые в инерциальной навигации. В реальных волоконно-оптических гироскопах возможности ограничены шумовыми факторами.

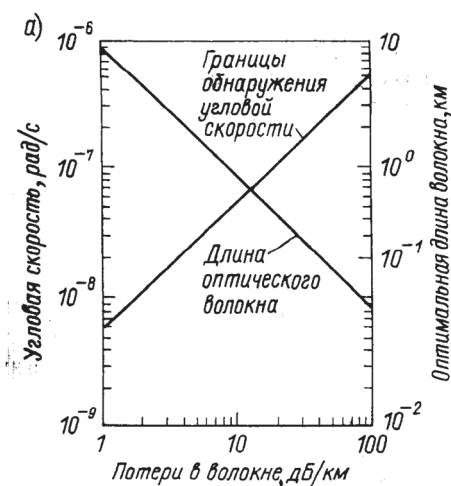


Рисунок 5 – Чувствительность волоконно-оптического гироскопа при дробовом шуме светоприемника при оптимальной длине волокна

Методы повышения чувствительности

Базовая оптическая схема волоконно-оптического гироскопа показана на рис. 4, но эта схема не обнаруживает малых поворотов гироскопа. Для решения этой проблемы предлагаются различные методы: смещение разности фаз, фазовая модуляция, изменение частоты и гетеродинирование света.

Давайте рассмотрим только последний способ. Структура оптической системы гироскопа с гетеродинированием света показана на рис. 6.

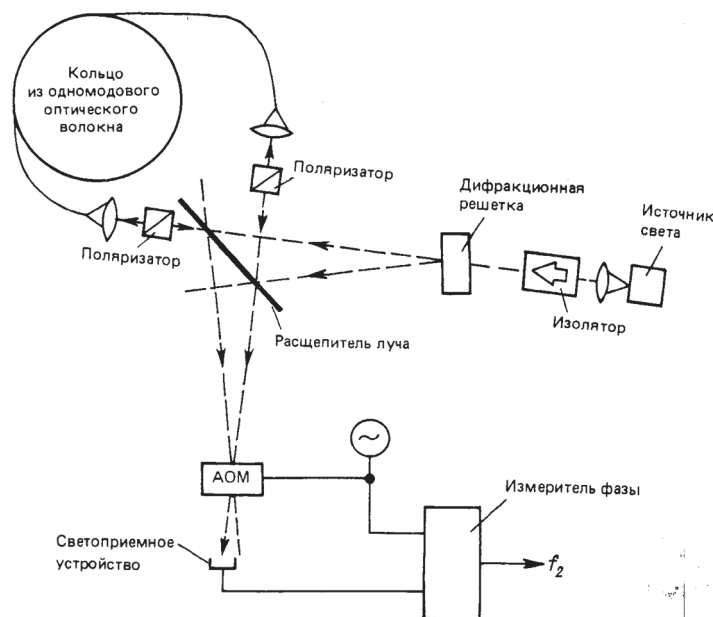


Рисунок 6 – Оптическая схема волоконного гироскопа со световым гетеродинированием

Световой пучок разделен дифракционной решеткой на два пучка с очень малым углом расхождения (около 10 мрад). Эти лучи, пройдя по оптическому волокну в противоположных направлениях, подаются на АОМ. Угол дифракции АОМ такой же, как у дифракционной решетки, в результате чего АОМ используется здесь не только как преобразователь частоты, но и как направленный ответвитель, а светоприемное устройство выдает сигнал разностной частоты. В этой оптической системе возможно разделение световых лучей, движущихся в противоположных направлениях, но из-за чрезвычайно малого угла дифракции эти лучи взаимодействуют, и дрейф, вызванный флуктуациями среды, ослабляет-

ся. Кроме того, обычно при разнице в длине оптических трактов происходит дрейф выходного сигнала из-за отклонения частоты излучения источника, но в данной структуре эта разница очень мала. На рис. 7 показана электронная схема фазометра выходного сигнала в структуре на рис. 6 с использованием нулевого метода. Точная временная задержка T_d обеспечивается устройством с зарядовой связью (CCD).

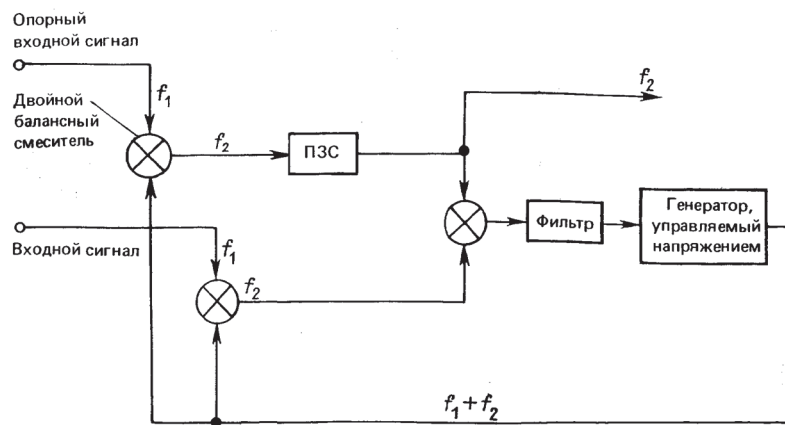


Рисунок 7 – Схема измерителя фазы выходного сигнала для волоконно-оптического гироскопа со световым гетеродинамированием

N – целое число, т.е. здесь получается частотное изменение $D f_2$ электрического сигнала, пропорциональное угловой скорости W , что очень удобно для практической реализации устройства.

Шумовые факторы, методы их устранения

Методы повышения чувствительности еще не обеспечивают высокой стабильности, необходимо учитывать шумовые факторы и принимать меры по их устранению.

Основные оптические системы с повышенной стабильностью

Для достижения высокой стабильности необходимо, чтобы внешние возмущения, воспринимаемые световыми лучами, движущимися в противоположных направлениях, были точно такими же.

В основной оптической системе, показанной на рис. 4, при использовании светоприемника 1 свет дважды отражается светоделителем и, кроме того, дважды проходит через него. В этом случае условие одинаковой длины оптического пути выполняется не совсем точно, и из-за температурных колебаний характеристик светоделителя на выходе возникает дрейф. При использовании светоприемника 2 происходит то же самое. Для того чтобы световые лучи, вводимые в оптическое волокно и излучаемые волокном, проходили один и тот же оптический путь, объединялись и разделялись в одной и той же точке светоделителя, а также имели один и тот же режим, необходимо установить пространственный фильтр между светоделителями. В этом фильтре желательно использовать одномодовое оптическое волокно – такое же, как и для чувствительной катушки.

Обычно в одномодовом оптическом волокне возможно распространение двух независимых мод с ортогональной поляризацией. Но поскольку оптические волокна имеют не совсем строгую осевую симметрию, фазовые постоянные этих двух режимов различны. Однако происходит обмен энергией между модами двух поляризаций, характеристики которых изменяются под внешним воздействием, поэтому свет, излучаемый волокном, обычно приобретает круговую поляризацию с нестабильными параметрами. Все это приводит к дрейфу выходного сигнала.

Если, однако, поляризационная пластина размещена на оптическом тракте, как показано в пунктирной части на рис. 4, т.е. световая волна с единственной поляризацией помещается на оптический тракт интерферометра, и в излучаемом свете выделяется только компонент с той же поляризацией, тогда передаточная функция кольцевого оптического тракта (оптического волокна) для лучей с противоположным направлением движения бу-

дет одинаковой и, таким образом, проблема решена. Но даже в этом случае наблюдаются колебания мощности света, достигшего светоприемника, поэтому необходимо принять дополнительные меры для стабилизации масштабного коэффициента. Одной из таких мер является введение деполаризатора, который компенсирует колебания поляризации в оптическом волокне и делает состояние поляризации произвольным, или введение оптического волокна, которое сохраняет поляризацию. В гироскопах с гетеродинированием света эффективным решением проблемы является нулевой метод.

Для устранения дрейфа, вызванного флуктуациями поляризации в оптическом волокне, требуется поляризатор с очень большим затуханием (около 90 дБ), но это требование смягчается при использовании оптического волокна с сохранением поляризации и источника света с низкой когерентностью. В оптическом волокне с сохранением поляризации из-за разницы фазовых постоянных для мод с ортогональной поляризацией существует разница в длине оптического пути для этих мод, следовательно, использование источника с низкой когерентностью излучения делает невозможной интерференцию между модами. Аналогичного эффекта можно добиться при использовании деполаризатора.

Характеристики и методы их улучшения

В настоящее время разработаны экспериментальные системы, в которых приняты меры по повышению чувствительности и по снижению шумов. В этих системах, работающих по методу фазовой модуляции, изменения частоты и светового гетеродинирования, достигнута разрешающая способность, позволяющая измерять скорости, равные или меньшие скорости собственного вращения Земли ($15^\circ / \text{ч} = 7,3 \times 10^{-5} \text{ рад/с}$). Особенно велики достижения в системах с фазовой модуляцией, у которых разрешающая способность и дрейф примерно $0,02^\circ / \text{ч}$, что приемлемо для инерциальной навигации.

Исследуется возможность реализации гироскопов с использованием технологии микрооптики, функциональных волоконных и волноводных элементов. Уже выпускаются волоконно-оптические гироскопы с разрешающей способностью $1^\circ / \text{ч}$. Кроме того, углубляется изучение систем, пригодных для инерциальной навигации.

Заключение

Рассмотрен принцип работы волоконно-оптических гироскопов. Благодаря методу фазовой модуляции достигается разрешение и стабильность нулевой точки в соответствии с требованиями инерциальной навигации. Волоконно-оптические гироскопы отличаются от предыдущих отсутствием механических систем, что делает их пригодными не только для навигации, но и в других областях, например, для контроля движения бура при бурении нефтяных скважин. Кроме того, если увеличить диаметр оптоволоконного кольца, расширить интервал интегрирования выходного сигнала, можно повысить чувствительность, что позволит использовать гироскоп для прогнозирования погоды, измерения колебаний собственного вращения Земли.

Библиографический список

1. <https://msoe.ru/wp-content/uploads/2019/03/24-05.pdf>
2. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года (текст, измененный Протоколом 1988 г. к ней и с поправками) = International Conventions for the Safety of Life at Sea (text modified by Protocol of 1988 relating thereto, including Amendments). СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2002. 928 с.
3. Морская навигационная техника: справочник / под ред. Е.Л. Смирнова. СПб.: Элмор, 2002. 224 с.
4. Новые средства судовой автоматизированной радиосвязи / А.Н. Голиков, Д.И. Забарин, И.Л. Калюжный [и др.] / под общ. ред. В.К. Маригодова, И.Л. Калюжного. Одесса: Феникс, 2005. 279 с.
5. Голяев Ю.Д., Колбас Ю.Ю., Телегин Г.И. Нестабильность и нелинейность выходных характеристик волоконно-кольцевых интерферометров // Квантовая электроника. 1990. № 1. С. 92–94.

Роман Александрович Мищенко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-512, Россия, Владивосток, e-mail: romannovak.kas@mail.ru

Научный руководитель – Евгений Николаевич Бакланов, доцент

**Возможные ограничения в работе радионавигационного
и спутникового оборудования вследствие санкций стран ЕС**

Аннотация. В связи с наступившей новой экономической реальностью тема ограничения работы радионавигационного и спутникового оборудования стала одной из ключевых для отечественного судостроения, судоходства и мореплавания. Рассматриваются аспекты решения задач обеспечения безопасности человеческой жизни на море в условиях сокращения или полного прекращения поставок навигационного оборудования из стран, присоединившихся к санкциям в отношении нашей страны.

Ключевые слова: санкции, радионавигационное оборудование, безопасность мореплавания.

Roman A. Mishchenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-512, Russia, Vladivostok, e-mail:
romannovak.kas@mail.ru

Scientific adviser – Evgeniy N. Baklanov, Associate Professor

**Possible restrictions in the operation of radio navigation and satellite equipment due
to sanctions of the EU countries**

Abstract. Due to new economic reality, restrictions on the operation of radio navigation and satellite equipment has become one of the key issues for domestic shipbuilding, shipping and navigation. The article discusses aspects of solving the problems of ensuring the safety of human life at sea in the context of a reduction or complete cessation of the supply of navigation equipment from countries that have joined the sanctions against our country.

Keywords: radio navigation equipment, sanctions, GMDSS, safety of navigation.

Международной Конвенцией SOLAS описаны требования к минимальному составу радиооборудования. Они распространяются на все пассажирские суда, а также на все грузовые суда водоизмещением 300 р.т. и выше. Минимальный набор такого оборудования включает:

1. Радиооборудование спасательных средств:

- УКВ радиотелефонная аппаратура двухсторонней связи (УКВ носимая радиостанция);
- радиолокационный ответчик (РЛО);
- аварийный радиобуй (АРБ).

2. Приемник НАВТЕКС.

3. Приемник многофункционального группового вызова (МГВ или РГВ системы ИНМАРСАТ) для приема информации по безопасности мореплавания, передаваемой на суда, плавающие в зоне действия системы ИНМАРСАТ, не охваченной системой НАВТЕКС.

4. УКВ-радиустановка с устройством ЦИВ, обеспечивающая:

- передачу оповещений ЦИВ на 70-м канале (156.525 МГц);

- непрерывную вахту на частоте 156.525 МГц в режиме ЦИВ;
- двустороннюю радиотелефонную связь в диапазоне 156...174 МГц.

Кроме перечисленного радиооборудования все конвенционные суда должны быть оснащены комплектами радионавигационных устройств (также описанных в SOLAS и Правилах регистра по оборудованию судов в соответствии с районом плавания).

Отсутствие хотя бы одного радионавигационного прибора или средства радиосвязи считается существенным несоответствием и может привести к задержанию судна в порту. В статье мы предположим возможность ограничения работы радионавигационного и спутникового оборудования для судов, плавающих под российским флагом, и возможность импортозамещения отечественными аналогами.

Отключение обновления электронных навигационных карт для российских судов

Большинство российских судов, за исключением «новостроя», используют электронные навигационные карты С-МАР. Эти карты до недавнего времени поставляла иностранная компания «Регистр Ллойда Вояж Рус», российский офис которой зарегистрирован в Санкт-Петербурге. 9 марта эта компания официально уведомила своих российских клиентов о том, что прекращает продажу и обновление всех своих продуктов и сервисов. Причина – ситуация на Украине.

Картографические продукты имеют срочную и бессрочную лицензию. Около 99 % судов используют срочную лицензию, использование которой обусловлено периодическими платежами за пользование картографическим продуктом. В этом случае в течение всего года клиент получает необходимые карты и корректуры к ним. Электронные карты без обновления (без корректуры) использовать нельзя, и такое судно инспекция порта не выпустит в рейс. Это может произойти как на российской стороне, так и за пределами РФ.

Окончание лицензии на картографическую продукцию может произойти во время рейса. Выходом из такой ситуации может быть комплект бумажных карт, откорректированных должным образом.

На сегодняшний день ситуация с обновлением электронных карт – это реальная проблема. И она стоит очень остро, потому что суда под российским флагом будут оставаться в иностранных портах, в отношении них будут вводиться различного рода санкции и в конечном итоге это может привести к конфискации судна.

На сегодняшний день доля отечественного программного обеспечения и навигационного оборудования на внутренних водных путях фактически достигает 100 %, поэтому проблема в первую очередь касается морских судов и судов класса «река-море». Особенно – эксплуатируемых за пределами Российской Федерации. До недавнего времени основным игроком на этом рынке была компания «Транзас», которую купил финский холдинг Wartsila. Сейчас из российских производителей осталась только компания «НавМарин».

Для обеспечения независимости России от зарубежной электронной продукции необходимо создать государственную программу по развитию производства элементной базы – процессоров, чипов и других электронных компонентов. В ее основе должна лежать подготовка кадров по микропроцессорной электронике. К сожалению, в России недостаточно инженеров по микропроцессорной электронике.

Спутниковые навигационные системы под санкциями ЕС

Применение ограничений на работу спутниковых навигационных систем и систем, применяемых для передачи информации по безопасности мореплавания (ИБМ), также может стать серьезной проблемой для мореплавания. К таким системам относятся Инмарсат и Иридиум. Обе системы оказывают услуги связи в рамках Глобальной морской системы связи при бедствии (ГМССБ). Система подвижной спутниковой связи Иридиум одобрена в качестве компонента ГМССБ в мае 2018 г. Сервис Иридиум SafetyCast обеспечивает глобальную зону покрытия, однако на сегодняшний день развит слабо в виду отсутствия на рынке судового оборудования, одобренного Минтрансом России (Российским Регистром судоходства).

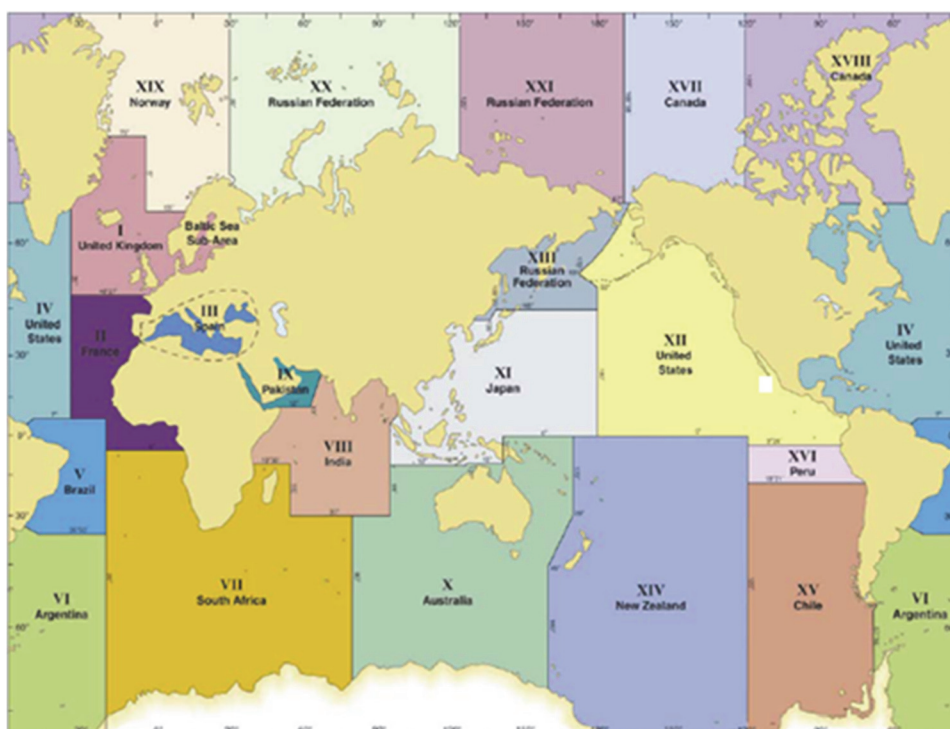
Использование систем подвижной спутниковой связи для обеспечения безопасности мореплавания регулируется Международной организацией подвижной спутниковой связи (ИМСО). Предположим, что при участии (под давлением) правительств стран ЕС международная организация ограничит доступ российским судам к актуальной ИБМ. К ИБМ относятся следующие виды информации:

- Метеорологические предупреждения.
- Навигационные предупреждения.
- Информация о проведении поисково-спасательных операций.
- Ледовая обстановка.
- Прогнозы погоды.
- Сигналы бедствия с берега на морские районы.

На суда такая информация доставляется через сервисы Инмарсат (SafetyNET, RescueNET) и сервис Иридиум – SafetyCast.

Каждая страна имеет свою зону ответственности NAVAREA/METAREA по передаче информации ИБМ (рисунок).

Деление Мирового океана на навигационные и метеорологические районы



В зону ответственности Российской Федерации по передаче информации ИБМ включены следующие районы NAVAREA/METAREA – XIII, XX и XXI.

В настоящее время от Российской Федерации в ИМО официально заявлены следующие поставщики ИБМ (циркуляр ИМО COMSAR.1/Circ.58/Rev.1 от 31.10.2018).

NAVAREA/METAREA XIII:

- УНиО Минобороны России – навигационная информация;
- ФГБУ «ААНИИ» (Росгидромет) – метеоинформация.

NAVAREA/METAREA XX, XXI:

- ФГУП «Росморпорт» – навигационная информация;
- ФГБУ «ААНИИ» (Росгидромет) – метеоинформация.

Передача ИБМ на районы NAVAREA/METAREA осуществляется поставщиками ИБМ в соответствии с расписанием на основании соответствующих резолюций ИМО.

Если допустить, что в результате санкции поставщики ИБМ не смогут (прекратят) доставлять информацию на суда, плавающие под российским флагом, это может отразиться на безопасности мореплавания. Это может произойти не только путём непосредственного прекращения соответствующих передач в адрес российских судов, но и путём запрета ввоза судового оборудования, которое принимает ИБМ, а также за отказ от сотрудничества с компаниями из РФ. Суда останутся без актуальной информации в том или ином районе плавания.

Компенсация обозначенной проблемы – использование альтернативных информационных сервисов (например, телексы, радиопередачи с применением отечественных береговых радиостанций морской подвижной службы) или сотрудничество с администрациями дружественных стран (использование их в качестве посредников при доставке информации). Это может увеличить время доставки информации, потребует принятия определённых организационных мер и нормативных документов. Тем не менее задача обеспечения безопасности мореплавания будет решена.

Заключение

В сложившейся ситуации импортозамещение необходимо как никогда. Отечественному судоходству придется многое пережить и найти альтернативные способы поддержания судоходства на безопасном уровне (для людей и для окружающей среды). Важное место в решении этой задачи занимает подготовка профессиональных кадров в сфере радиоэлектроники и микропроцессорной техники. Необходима целевая программа с государственным финансированием, которая позволит уменьшить зависимость нашего флота от компонентов, радиоэлектронного оборудования и программного обеспечения западных стран.

Библиографический список

1. СОЛАС-74/88. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море.
2. Приказ Минтранса от 21.10.1997 г. N 125 «О создании и функционировании Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ)».

Алексей Сергеевич Отрышко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-312, Россия, Владивосток, e-mail: komisar9753@mail.ru

Научный руководитель – Иван Сергеевич Карпушин, канд. техн. наук, доцент

Перспективы развития СПГ-танкеров в России

Аннотация. Рассматриваются современный танкерный флот России, причины развития и новаторские идеи, предполагаемые перспективы и направления развития.

Ключевые слова: СПГ-танкер, сжиженный природный газ, экономичность, экологичность, подводный СПГ-танкер, танкер, флот.

Alexey S. Otryshko

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-312, Russia, Vladivostok, e-mail: komisar9753@mail.ru

Scientific adviser – Ivan S. Karpushin, PhD, Associate Professor

**Prospects for the development of tankers for the transportation
of liquefied natural gas in Russia**

Abstract. This paper examines such issues as: modern tanker fleet of Russia; reasons for development and innovative ideas; prospective prospects and directions of development.

Keywords: LNG-tanker, liquefied natural gas, economy, environmental friendliness, underwater LNG tanker, tanker, fleet.

Танкер – морское или речное грузовое судно, предназначенное для перевозки наливных грузов. Танкера могут иметь грузоподъемность от 150 т до 500 тыс. т. Наибольшее распространение имеют танкера для перевозки нефти и нефтепродуктов, сжиженного природного газа и продукции химической промышленности.

В реалиях современной ситуации научного сектора, промышленной отрасли и мирового рынка углеводородов общество показывает заинтересованность в замене нефти на газ, как на более экологичное и экономически выгодное сырье/топливо.

В связи с этим актуальность развития и расширения танкерного флота в направлении СПГ-танкеров определило одно из направлений развития торгового флота Российской Федерации.

Одной из причин этого является развитие производства сжиженного природного газа и расширение географии его экспорта. У России уже имеются определенные наработки, позволяющие утверждать о высокой вероятности создания собственного флота для перевозки СПГ.

Одним из шагов создания собственного флота СПГ-танкеров является результат Восточного экономического форума 2019 г., на котором было подписан контракт между российскими компаниями «Новатэк» и «Совкомфлот» на создание совместного предприятия «Современный морской арктический транспорт».

Задачей данного предприятия стала постройка и дальнейшая эксплуатация флота для перевозки продукции завода по производству сжиженного природного газа «Арктик СПГ-2».

В рамках проекта будет создано 17 судов класса Arc7, адаптированных к условиям Северного морского пути, что позволит распределять продукт в Мурманск и Камчатку для дальнейшей переправки. Это стало возможным благодаря огромным запасам ископаемого топлива Ямала, оцениваемым в 13 триллионов кубометров.

Само создание танкеров было поручено судостроительному предприятию «Звезда». Передача судов запланирована на 2023–2025 гг.

По моему мнению, создание подобного флота позволит РФ занять определённый объём рынка газа по мере увеличения тенденций перехода с нефти на СПГ. В этом состоит одна и перспектив развития СПГ-танкеров в России – создание флота для перевозки сжиженного природного газа от северных месторождений по двум основным направлениям данного района: восточного и западного.

Помимо создания флота СПГ-танкеров, в СПМБМ «Малахит» весной 2019 г. началась разработка первого в мире атомного подводного СПГ-танкера для иностранного заказчика. Подобная СПГ-субмарина позволит уменьшить затраты на перевозку газа от северных месторождений. На данный момент проект российских судостроителей является уникальным.

В ходе выставки «Нева 2019» СПМБМ «Малахит» представило некоторые подробности проекта атомного подводного газовоза.

Ссылаясь на информацию корреспондента <https://sudostroenie.info/>, субмарина будет иметь длину 360 м, ширину 70 м и осадку 12 м. С этими характеристиками «Пилигрим», так был назван проект атомного подводного газовоза, сможет перевозить до 180 тыс. т сжиженного природного газа (СПГ) на скорости до 17 уз.

Первый подводный газовоз в мире в северных районах будет проходить подо льдом, что благоприятно скажется на предъявляемых требованиях по сравнению с аналогичными к ледоколу.

Для хранения СПГ планируется применять системы мембранного типа.

Энергоустановка проекта «Пилигрим» включает в себя три атомных реактора «РИТМ-200». Пропульсивный комплекс состоит из трёх гребных электродвигателей мощностью 30 МВт каждый и восьми вспомогательных водомётных движителей.

Стоимость постройки атомного подводного газовоза не сообщается.

Также от бюро «Малахит» поступило предложение построить от 5 до 8 атомных подводных газовозов для вывоза СПГ с крупных арктических месторождений после 2024 г. Предполагаемыми потенциальными заказчиками выступают «Газпром» и «Новатэк». Учитывая наработанный опыт РФ в судостроительстве, перспективы развития данного направления также имеют место быть как альтернатива долгое время используемого метода конвоев с ледоколами.

В последнее время уровень загрязнения планеты осложнил ситуацию с требованиями экологической безопасности во всех отраслях, в том числе и транспорте. После автомобильного транспорта очередь дошла до морского транспорта. Результатом этого стало ужесточение Международной морской конвенцией требований по выбросу вредных веществ в атмосферу.

Вследствие судовладельцам приходится устанавливать различное оборудование и фильтры для очистки. Переход на использование природного газа в качестве одного из самых экологически чистых видов топлива вполне ожидаем и даже закономерен.

Доверие к использованию СПГ-энергии на флоте нарастает так, что уже через считанные годы, согласно совместному докладу Южнокорейского банка и Агентства по содействию торговле и инвестициям, опубликованному в конце апреля 2020 г., к 2025 г. около 60,3 % мирового портфеля заказов на строительство судов будет предоставлено СПГ-судам.

В качестве примера этого направления стала Норвегия, которая уже более 20 лет использует СПГ как топливо для судов. В мире судов на газовом топливе насчитывается более 150, не менее половины из которых принадлежит Норвегии.

Россия также развивает это направление. Уже стало известно о проекте постройки Выборгским судостроительным заводом 4 ледоколов для «Атомфлота» мощностью 45 МВт, способных работать как на дизельном топливе, так и на СПГ.

В нашем случае переход к СПГ-топливу повышает рентабельность проекта создания и развития флота СПГ-танкеров. Помимо экологической составляющей я хочу обратить внимание на экономическую часть вопроса. Согласно прогнозу Международного энергетического агентства (МЭА) от 2019 г.:

- важность перехода к низкоуглеродной энергетике признается властями во всех регионах мира, но общество по-прежнему сильно зависит от ископаемых видов топлива;
- продолжится усиление нагрузки на энергетический сектор и увеличение выбросов;
- доля нефти снизится с текущего значения 31,4 % до 29,3 %, а доля природного газа вырастет с 22,9 % до 25,3 %.

Согласно прогнозу МЭИ уровень добычи нефти после 2030 г. будет постепенно снижаться. Освободившийся объем рынка предположительно будет занят СПГ, возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ), низкоуглеродистым водородом и биометаном.

Следуя нынешним тенденциям изменений на рынке углеводородов, я считаю, что развитие СПГ-танкеров можно назвать одним из ключевых направлений развития торгового флота РФ, способствующее укреплению на рынке.

Увеличение темпов перехода на использование газа в качестве топлива/сырья, ужесточение мер по предотвращению загрязнения окружающей среды и последующее развитие технологий по использованию возобновляемых источников энергии ведет к увеличению добычи газа и, следовательно, расширению возможностей транспортировки соответствующего сырья. Я думаю, что без создания своего флота СПГ-танкеров у нас не будет возможности занять свое место на морском рынке сжиженного природного газа.

Библиографический список

1. <https://neftegaz.ru/tech-library/suda-neftegazovye-i-morskoe-oborudovanie-dlya-bureniya/142491-tankery-gazovozy/><https://www.ruscable.ru/>.
2. Газовоз — Википедия (wikipedia.org)<https://taudok.mirtesen.ru/>.
3. «Малахит» раскрыл подробности проекта атомного подводного газовоза (sudostroenie.info) <https://www.atomic-energy.ru>.
4. [https://studopedia.ru/5_Основы_Безопасной_Эксплуатации_Танкеров_\(ОБЭТ\)_](https://studopedia.ru/5_Основы_Безопасной_Эксплуатации_Танкеров_(ОБЭТ)_)(deckofficer.ru).
5. ТЭК России / Газовозы-СПГ – стремительное развитие отрасли (cdu.ru).

УДК 656

Алексей Анатольевич Паненков

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-312, Россия, Владивосток, e-mail: WindForEver@yandex.ru

Научный руководитель – Иван Сергеевич Карпушин, канд. техн. наук, доцент

Газовозы: морские перевозки сжиженного газа

Аннотация. Представлены материалы по теме газовозов, особенности строения, способы загрузки и транспортировки газа.

Ключевые слова: газ, газовоз, супертанкер, легированная сталь, танки, сферы.

Alexey A. Panenkov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-312, Russia, Vladivostok, e-mail:
WindForEver@yandex.ru

Scientific adviser – Ivan S. Karpushin, PhD, Associate Professor

LNG carriers: sea transportation of liquefied gas

Abstract. This report presents materials on the topic of gas carriers, structural features, methods of loading and transporting gas.

Keywords: gas, gas carrier, supertanker, alloy steel, tanks, spheres.

Супертанкеры-газовозы

Супертанкеры-газовозы перевозят сжиженный природный газ, эквивалентный энергии 55 атомных бомб. Жидкость из этих морских судов становится средством для приготовления пищи и отопления вашего дома, однако создание морских перевозок газа была крайне сложным делом, хотя эти суда обязаны своим существованием нескольким удивительным идеям. Рассмотрим их.

Транспортировка природного газа по всему миру – это крупный бизнес. Супертанкеры намного больше, чем «Титаник» и созданы для перевозки природного газа в любую точку земного шара. Все связанное с ним имеет гигантский масштаб, но чтобы осознать это, надо оказаться с ним рядом. Как же эти корабли перемещают огромные объемы газа по всему миру.

Внутри газовозов имеются огромные танки. Здесь достаточно места для 34 млн л сжиженного газа, подобного объема воды хватило бы обычной семье, чтобы смывать унитаз 1200 лет. И таких танков на судне четыре, а внутри каждого температура минус 160 градусов по Цельсию.

Как и нефть, природный газ является ископаемым видом топлива, которое образовалось в результате разложения древних организмов. Его можно передавать по трубопроводу, но это очень дорого и не практично при пересечении океанов, вместо этого инженерам пришлось придумать перевозку газа на кораблях, сложность состояла в том, что природный газ загорается при любой температуре, встречающейся на Земле. Утечка газа может стать серьезной катастрофой, но, к счастью, крупных происшествий еще ни разу не было, а операторы танкерных судоходных линий планируют продолжать в том же духе.

Самыми крупными производителями газовозов являются азиатские компании, в том числе Daewoo, Hyundai, Samsung, Mitsubishi, Kawasaki и Mitsui. Две трети газовозов мира

сошли с южнокорейских стапелей. Спрос на танкеры только увеличивается, что связано с вводом в строй новых мощностей по производству СПГ и наращиванием спроса на газ. Объёмы поставок внушительны. К примеру, «Пронедра» писали ранее, что всего за шесть лет с сахалинских терминалов сжиженный газ был отгружен на тысячу танкеров.

На супертанкерах потенциально ядовитый азот безопасно герметизирован внутри изоляции емкости с газом. В случае утечки азот не дает опасному грузу вступить в реакцию с кислородом, а изоляция поддерживает его в жидкой форме. Супертанкеры шуточно называют самыми большими морозильниками в мире, ведь это эквивалент трехсот тысяч домашних морозильников, только в десять раз холоднее.

Газ охлаждается на берегу и в жидком виде закачивается на супертанкер, но эти сверхнизкие температуры представляют большие инженерные сложности. Для этой работы просто нельзя использовать стандартные стальные трубы. Транспортировка этой сверххолодной жидкости по трубопроводам судна представила кораблям набор новых проблем, решение которых было найдено с помощью нержавеющей стали, в которую добавили немного хрома. Этот металл способен заставить обычную хрупкую сталь выдержать сверхнизкую температуру.

Судостроители, создавшие супертанкеры для транспортировки сжиженного природного газа, сделали все, чтобы не только корпуса этих судов были готовы пересечь бурные моря, но чтобы тысячи метров сложнейших трубопроводов со всеми их уязвимыми изгибами, соединениями и кранами были сделаны из материала, который выдерживает низкую температуру – из легированной нержавеющей стали.

В частности, конструктивные особенности кораблей позволяют осуществлять полную загрузку или разгрузку крупного газовоза максимум за 18 ч.

Кроме того, газовозы достаточно быстроходны. Их скорость достигает планки в 20 уз (более 37 километров в час), при том, что обычные нефтяные танкеры не могут разогнаться быстрее, чем до 14 уз (26 километров в час).

На СПГ-танкерах в качестве горючего для силовых установок используется непосредственно перевозимый сжиженный газ. Впрочем, СПГ выступает в роли топлива для двигателей газовоза лишь частично, по большей части совместно с традиционным мазутом.

На танкерах устанавливаются паровые турбины, которые, несмотря на свою недостаточно высокую эффективность в качестве двигательных установок, в то же время являются «всеядными».

В качестве перспективного направления рассматривается возможность установки на газовозах двухтопливных дизелей с системами впрыска газа под низким давлением. Такие двигатели работают как на дизтопливе, так и на испаряющемся жидком газе. Они выгодно отличаются возможностью гибкого использования рабочих режимов, а также высокоэффективны и достаточно безопасны.

Проблема с конструкцией газовозов заключалась в том, что: ветер и волны будут раскачивать супертанкер и это приведет к тому, что жидкость начнет плескаться в танках из стороны в сторону. Это движение может нарастать, усиливая качку самого судна, и приведет к катастрофическим последствиям. Этот эффект получил название влияние свободной поверхности жидкости.

В буквальном смысле это площадь, доступная для свободного плескания воды. Это действительно проблема, приводящая к катастрофам. Супертанкеры обладают удивительным решением. Чтобы снизить влияние свободной поверхности жидкого газа, танки выполняются в виде сферы. Таким образом, место для плескания жидкости намного меньше, пока танк полон или почти пуст.

Танки газовозов заполняются грузом на 98 % и отправляются в дальние плавания, прибыв в пункт назначения, танкеры оставляют столько топлива, сколько необходимо на обратный путь. Поэтому в обычных условиях емкости либо заполнены до отказа, либо почти пусты.

В целом основным приоритетом при проектировании судов на современном этапе развития судостроения является достижение максимального уровня энергоэффективности,

что обеспечивается не только грамотным использованием тех или иных решений, связанных с топливным обеспечением и двигателями, но и оптимизацией формы корпуса газоза для снижения сопротивления воды при его движении с целью предотвращения потерь скорости и предупреждения увеличения затрат горючего.

Очевидно, что повышение эффективности транспортировки сжиженного газа в регионы, в которые прокладка газопроводов нерентабельна или же невозможна – это дело вовсе не энергетиков, а прежде всего судостроителей. От их инженерных решений зависит повышение рентабельности перевозок и, как один из результатов – предоставление возможности поставщикам снижать стоимость газа, делая его более доступным для потребителей в ценовом аспекте.

Львиная доля мирового производства танкеров для перевозки сжиженного природного газа принадлежит Южной Корее. Она выпустила примерно две трети всех существующих в мире судов СПГ-флота. В России эта отрасль судостроения находится в зачаточном состоянии.

Но сейчас, когда в нашей стране начинает развиваться производство сжиженного природного газа и расширяется география его экспорта, появилась заинтересованность и в создании отечественных морских судов, приспособленных для перевозки этого вида топлива.

Уже есть определенные наработки, позволяющие утверждать, что сегодня Россия стоит на пороге создания собственного флота для перевозки сжиженного природного газа.

4 сентября 2020 г. на Восточном экономическом форуме российские компании «Новатэк» и «Совкомфлот» подписали контракт на создание совместного предприятия «Современный морской арктический транспорт» (СМАРТ). Задача нового предприятия – постройка и дальнейшая эксплуатация флота для перевозки продукции завода по производству сжиженного природного газа «Арктик СПГ-2».

Предполагается, что создание такого флота обойдется в 5,5 млрд долларов. Эти средства предоставит ВЭБ по лизинговой схеме. Помимо этого, организаторы не возражают против привлечения в проект сторонних инвесторов.

В рамках проекта планируется создать 17 судов класса Arc7, способных ходить по Северному морскому пути. Они будут курсировать между Ямалом и портами перевалки. В западном направлении конечный пункт будет в Мурманске, а в восточном – на Камчатке. Там сжиженный газ будут перегружать на обычные СПГ-танкеры. Такие рейсы будут продолжаться непрерывно, круглый год.

По оценкам специалистов, запасы ископаемого топлива Ямала составляет примерно 13 триллионов кубометров, поэтому любой проект, касающийся природных ресурсов этого региона, планируется на длительный срок.

Создание новых танкеров поручено российскому судостроительному предприятию «Звезда». Их передача в эксплуатацию запланирована на 2023–2025 гг.

Невзирая на всю опасность природного газа – его добычу, транспортировку и использование, – он намного облегчает существование как отдельной личности, так и общества в целом. Поэтому значение природного газа в нашей жизни не стоит приуменьшать.

Библиографический список

1. Баскаков С.П. Перевозка сжиженных газов морем. 2011.
2. Цыркин Е.Б., Олегов С.Н. О нефти и газе без формул. Л., 1989.

Иван Андреевич Писаревский

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-312, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Виталий Витальевич Ганнесен, доцент

Безопасность мореплавания в условиях плохой видимости

Аннотация. Рассматривается безопасность мореплавания в условиях плохой видимости, особенности плавания, требования к приборам и порядок действий для обеспечения безопасности.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, требования к приборам.

Ivan A. Pisarevsky

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-312, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Vitaly V. Gannesen, Associate Professor

Safety of navigation in conditions of poor visibility

Abstract. Safety of navigation in conditions of poor visibility, features of navigation, requirements for instruments and procedures for ensuring safety.

Keywords: safety of navigation, requirements for instruments.

Плавание в условиях ограниченной видимости даже с использованием современных технических средств судовождения представляет значительные трудности. При подходе к зоне ограниченной видимости судоводитель должен выполнить ряд мероприятий согласно Уставу службы на судах Министерства морского флота Союза ССР, МППСС-72, НШС-82, Рекомендациям по использованию РЛС для предупреждения столкновения судов и других документов, регламентирующих безопасность плавания.

Вахтенный помощник капитана должен:

- предупредить капитана;
- определить место судна;
- включить ходовые огни и РЛС;
- включить радиостанцию УКВ на дежурный канал, при необходимости эхолот;
- начать подавать туманные сигналы согласно МППСС-72;
- уменьшить скорость до безопасной (Правило 6);
- выставить на бак проинструктированного вперёдсмотрящего, установив с ним и мостиком надёжную связь;
- сличить показания часов на мостике и постах управления СЭУ;
- управление рулем перевести на ручное;
- сделать отметку на ленте курсографа, проставив время и отсчет лага;
- предупредить вахтенного механика о возможных реверсах и перевести СЭУ в маневренный режим.

По всем этим мероприятиям сделать записи в судовом и машинном журналах.

При плавании в условиях ограниченной видимости на мостике должен находиться капитан и лично управлять судном. В особо сложном плавании – в узкости, по сложным

фарватерам, при ограниченной видимости, решением капитана вахта на мостике может быть усилена до двух-трех судоводителей с четкой расстановкой и конкретными обязанностями штурманского состава.

Подход судна к навигационным опасностям (берегу), узкостям выполняется на самой малой скорости с соблюдением и принятием всех мер предосторожности, учитывая предельные ошибки в курсе, скорости и площади местонахождения. Однако если при этом нет уверенности в обеспечении безопасности плавания, необходимо стать на якорь, лечь в дрейф или на обратный от опасности курс.

С появлением на экране РЛС эхо-сигнала начинают его обработку на САРП или на маневренном планшете, чтобы определить элементы движения цели (курс, скорость, расстояние) и предпринять действия для полного расхождения на безопасном расстоянии. Звуковые сигналы при ограниченной видимости подаются согласно Правилу 35 МППСС-72. Сигнал своего судна лучше подавать вслед за услышанным, тем самым подтверждая другому судну слышимость его сигнала. Судно, которое услышит впереди своего траверза туманный сигнал другого судна, должно уменьшить ход до минимального, достаточного для удержания его на курсе, а если необходимо, остановить движение или следовать с особой осторожностью, пока не минует опасность столкновения.

Использование РЛС. Каждое судно должно постоянно вести наблюдение и применять все имеющиеся средства в соответствии с условиями плавания для оценки ситуации и определения наличия опасности столкновения.

Имеющееся на судне радиолокационное оборудование должно быть исправным и использоваться надлежащим образом. Правило 19 МППСС-72 определяет обязанности судоводителя при плавании судна в условиях ограниченной видимости. В нем говорится, что судно, которое обнаружило присутствие другого судна только с помощью РЛС, должно определить, как развивается ситуация чрезмерного сближения и существует ли опасность столкновения. Если опасность существует, то судно должно своевременно предпринять действия для расхождения, причем, если необходимо изменение курса, то следует избегать:

- изменения курса влево, если другое судно находится впереди траверза и не является обгоняемым;
- изменения курса в сторону судна, если оно находится на траверзе или позади него.

По международным правовым нормам неиспользование исправной РЛС расценивается как нарушение МППСС-72. Однако наличие на судне РЛС и ее использование не освобождают судоводителя от ведения надлежащего визуально-слухового наблюдения.

Радиолокационная информация дополняет это наблюдение и дает возможность заблаговременно предотвратить опасное сближение. От судоводителя требуется глубокое понимание существа радиолокационной информации, правильное и своевременное ее использование.

В хорошую видимость ракурс встречного судна, расстояние до него и курсовой угол позволяют судоводителю быстро и правильно оценить степень опасности столкновения и предпринять маневр для безопасного расхождения.

Постоянное наблюдение за судном дает возможность своевременно обнаружить любой ее маневр. При радиолокационном наблюдении общая оценка ситуации и ее изменение требуют времени.

Выбранный маневр безопасного расхождения обосновывается расчетами с учетом конкретной ситуации и возможного ее изменения в процессе маневрирования и должен соответствовать требованиям МППСС-72. Большое значение имеет предвидение развития ситуации, основанное на оценке информации, наблюдаемой на экранах РЛС и САРП или расшифрованной с помощью маневренного или зеркального планшета и вычислительной техники.

Обработка и использование радиолокационной информации должны соответствовать требованиям: простоте и наглядности изображения обстановки; минимальному времени на получение информации, необходимой для решения задач на расхождение; соответствию

МППСС-72; непрерывному контролю за ситуацией при подготовке, в процессе и после завершения маневра расхождения; универсальности и удобству обработки информации и получения рекомендаций для расхождения с помощью САРП.

Решение задачи расхождения судов в условиях ограниченной видимости можно выполнять тремя методами; Первый – визуальная оценка ситуации на экране РЛС и выполнение маневра для расхождения с учетом этой оценки.

Второй – выполнение маневра расхождения на основании данных, которые получены с помощью графической прокладки на специальном планшете или бумаге.

Третий – использование САРП.

Визуальный метод расхождения, для решения задачи необходимо:

- выбрать из группы эхо-сигналов (целей) на экране РЛС сигналы наиболее опасных и потенциально опасных судов; выбрать вариант расхождения и мысленно представить себе возможный результат задуманного маневра, ориентируясь на тенденцию изменения направлений линий послесвечения относительно первоначального их направления, центра экрана и курса, а также по изменению пеленгов и дистанций на наблюдаемые суда;

- предусмотреть безопасный маневр при резко ухудшившейся ситуации из-за неблагоприятного маневра встречного судна или в случае допущенного просчета в маневрировании своего судна.

Для выполнения вышеперечисленных условий судоводителю надо хорошо знать возможные случаи перемещения эхо-сигналов (целей) на экране индикатора, их особенности и уметь ориентироваться при обнаружении изменения обстановки.

Все эхо-сигналы на экране РЛС делятся на три категории: опасные, потенциально опасные и неопасные. К опасным относятся те, которые перемещаются к центру экрана (на кратчайшем расстоянии 3 миль и менее), т.е. происходит опасное сближение судов, пеленг на судно не меняется или мало изменяется, а дистанция уменьшается.

К потенциально опасным относятся те, эхо-сигналы которых проходят в безопасном расстоянии от центра экрана РЛС, но ситуация может измениться в худшую сторону, если предпримет маневр свое судно или наблюдаемое.

Это распознавание требует от судоводителей хороших навыков в оценке ситуации на экране РЛС. При изменении скоростей судов (собственного и наблюдаемого) параллельность перемещения эхо-сигналов курсовой черте не нарушается, только изменяется относительная скорость. При изменении курса собственного судна и постоянстве элементов движения (курс, скорость) судна-цели параллельность эхо-сигнала изменяется. ЛОД изменяет направление в сторону, противоположную собственному повороту.

Маневрирование может быть самое различное – курсами и скоростями, но всегда нужно помнить, что маневр на безопасность расхождения не должен допускать пересечения ИК и ЛОД ближе 3 миль.

РЛС предназначена для обнаружения и сопровождения целей, кроме того, может служить хорошим помощником судоводителю при плавании в стесненных условиях и при маневрировании. Работает только в паре с судовой РЛС. Система принимает информацию о курсе и скорости судна. Скорость можно вводить вручную. Если гирокомпас не подключен к системе, то она функционирует как индикатор обычного радиолокатора.

Визуальное отображение курса и скорости своего судна высвечивается на буквенно-цифровом дисплее и отображается на экране в режиме истинного движения как вектор, построенный из центра развертки. Направление вектора характеризует курс своего судна, а его длина – скорость.

Другие суда (цели), обнаруженные и взятые на сопровождение, также будут иметь векторы, характеризующие их курсы и скорости. Кроме того, на буквенно-цифровом табло указываются данные о целях: дистанция, курс, скорость, дистанция кратчайшего сближения и время до точки кратчайшего сближения.

Кроме функций предупреждения столкновений, САРП позволяет производить вычисление счисляемых координат, автоматическое сопровождение известных навигационных

ориентиров, что дает возможность определить суммарный снос судна (дрейфа и течения). Ввод в систему и отображение на индикаторе кругового обзора (ИКО) фарватера и точек поворота позволяет судоводителю производить планирование движения судна. Задание фарватера целесообразно только в навигационном режиме при сопровождении неподвижных ориентиров. При выходе судна за кромку введенного фарватера и точек поворота срабатывает звуковая и визуальная сигнализация.

Представляется полезным подготовка, построение и использование упрощенных радиолокационных карт. Она может быть построена из линий и символов, привязанных к географической системе координат. Координаты точек, соединяемых линиями, вводятся с клавишного набора. Созданная карта закладывается в память САРПа и вызывается по необходимости из памяти вычислительного устройства для отображения на ИКО. Радиолокационные карты, как и фарватеры, привязываются к неподвижной географической системе координат.

Следовательно, перед радиолокационной прокладкой необходимо как можно точнее определить координаты своего судна.

В режиме проигрывания маневра производятся вычисление и отображение на ИКО результатов одного или нескольких предполагаемых маневров с целью расхождения с опасными целями. Заданные при проигрывании маневра курс и скорость непрерывно высвечиваются на буквенно-цифровом табло, а прогнозируемые положения своего судна и целей отображаются на экране ИКО. Эта особенность системы позволяет оценить ситуацию расхождения до произведенного фактического маневрирования.

В САРПе имеется имитатор радиолокационных сигналов, позволяющий производить обучение.

Библиографический список

1. Анцелевич А.Г. Международное морское право: учебник. Киев: Слово, 2008. 375 с.
2. Авраменко В.Д., Касаткин П.И. Повышение безопасности мореплавания и причины аварийности морских судов // Вестн. МГТУ. 2013. № 6–4. С. 208–210.
3. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года (СОЛАС/SOLAS-74/78).

Иван Константинович Самокиш

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-512, Россия, Владивосток, e-mail: samokish-1999@mail.com

Научный руководитель – Роман Николаевич Алифанов, канд. техн. наук, доцент

**Повышение точности работы индукционного лага ИЭЛ-3М
для улучшения безопасности судовождения**

Аннотация. Безопасность мореплавания в наши дни является одной из важнейших задач. Рассмотрены методы повышения точности работы индукционного лага ИЭЛ-3М путем выявления поправок. Лаг ИЭЛ-3М является развитием известного, хорошо зарекомендовавшего себя прибора ИЭЛ-2М и построен на современной микропроцессорной базе с интерфейсами в международном коде NMEA 0183 (IEC 1162-1) по RS232/422), обеспечивающими подключение их в регистрационные системы и интегрированные навигационные комплексы.

Ключевые слова: индукционный лаг, безопасность судовождения.

Ivan K. Samokish

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-512, Russia, Vladivostok, e-mail: samokish-1999@mail.com

Scientific adviser – Roman N. Alifanov, PhD, Associate Professor

Improving the accuracy of the IEL-3M induction lag to improve navigation safety

Abstract. The safety of navigation is one of the most important tasks nowadays. In this paper, methods were considered to improve the accuracy of the IEL-3M induction lag by identifying corrections. The IEL-3M lag is a development of the well-known, well-proven IEL-2M device and is built on a modern microprocessor base with interfaces in the international code NMEA 0183 (IEC 1162-1) via RS232/422), providing their connection to registration systems and integrated navigation systems.

Keywords: induction lag, navigation safety.

Введение

ИЭЛ-3М (рисунок) представляет собой индукционный электронный лаг. Имеет сертификат одобрения Российского морского регистра судоходства. Предназначен для использования на судах с неограниченным районом плавания. Лаг является судовым навигационным прибором и предназначен для измерения скорости судна относительно воды, вычисления пройденного расстояния и выдачи этих данных в судовые посты и системы, а также выдачи информации о скорости пройденном расстоянии в судовые системы через интерфейсы в стандарте IEC-1162.

Анализ поправок лага.

Лаг обеспечивает измерение скорости судна относительно воды в диапазоне от минус 10 до плюс 60 уз.

Для юстировочных целей предусмотрена индикация скорости от 0 до минус 10 уз.



Индукционный лаг ИЭЛ-3М

Инструментальная погрешность счетно-решающей схемы лага (прибор ПЦ) по скорости в зависимости от температуры окружающего воздуха в помещении не превышает значений, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Скорость судна, уз	Инструментальная погрешность ΔV , уз	
	Температура от 0 до плюс 55 °С	Температура от 0 до минус 15 °С
От 0 до 60	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$

Остаточные погрешности лага по скорости после юстировки на мерном полигоне не превышает значений, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

Скорость судна, уз	От 0 до 10	От 10 до 20	От 20 до 30	От 30 до 60
ΔV доп, уз	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$

Лаг обеспечивает вычисление пройденного расстояния в диапазоне от 0 до 9999,9 мили с погрешностью не более 0,1 %.

Лаг обеспечивает возможность ввода поправок:

1) линейной – в виде прямой линии с регулируемым углом наклона.

Поправка обеспечивает линейное приращение скорости (со знаком плюс или минус), компенсируя разброс чувствительности датчика ИППС;

2) нелинейной – в виде ломаной линии с числом отрезков до семи.

Установка рабочего нуля лага.

Производится нажатием и удержанием кнопки $>0<$ в течение более чем 10 с. При этом датчик скорости отключается, входные линии прибора ИПС закорачиваются при помощи реле, и лаг запоминает состояние отсутствие сигнала скорости как нулевую скорость. После отпускания кнопки показания скорости восстанавливаются. В условиях мелководья, наличия внешних электромагнитных полей, особенно у причала, возможны незначительные остаточные показания погрешности измерения скорости, что не является неисправностью.

Определение линейного коэффициента лага.

Перевести прибор в режим нелинейной тарировки, нажав кнопку НЕЛИН. При помощи кнопок РЕЖ и «-» очистить все нелинейные поправки.

Степень усреднения (при надписи УСР на индикаторе МИЛИ) установить равной 5,0 (зависит от гидродинамических условий судна).

Выйти из режима нелинейной калибровки при помощи кнопки НЕЛИН.

Перейти в режим ЛИН. Считать текущее значение линейного коэффициента L_c (например, 750,0).

Для определения начальной погрешности на ходу выйти в режим РАБОТА повторным нажатием кнопки ЛИН.

Определение начальной погрешности и вычисление линейного коэффициента лага производится обычно на самом полном ходу судна.

Вывести судно на мерную линию, установить постоянные обороты и шаг винтов, дождаться стабилизации показаний лага и скорости судна. В момент прохождения первого створа начать замер времени при помощи 2 секундомеров одновременно и отпустить кнопку «СБРОС» лага, запустив счет пройденного расстояния.

В момент прохождения второго створа мерной линии остановить счет времени первого секундомера. В момент появления на индикаторе МИЛИ пути, соответствующего длине мерной линии, остановить счет второго секундомера.

С целью уменьшения ошибки от течения и ветра повторить замер, не меняя оборотов и шаг винтов, пройти ту же мерную линию в обратном направлении.

Например, если среднее время пробега дистанции в 1 милю на текущей скорости составило $T_{\Pi} = 200$ с, а по индикатору лага миля пройдена за $T_{\text{Л}} = 210$ с, то при текущем значении линейного коэффициента 750 его новое значение должно составить

$$L = \frac{210}{200} * 750 = 787,5. \quad (1)$$

Вычисленное значение линейного коэффициента ввести в прибор ПЦ.

Проверить правильность показаний лага на той же скорости на прямом и обратном курсах.

Определение начальных погрешностей лага.

Проверить начальную погрешность показаний скорости лага. Скорости следует выбирать такие, чтобы они попадали в каждый из доступных по техническим возможностям диапазон скоростей: $0 \div 10$, $10 \div 20$, $20 \div 30$, $30 \div 60$ уз.

Определить начальную погрешность в каждом из диапазонов скоростей:

а) вывести судно на мерную линию, установить постоянные обороты и шаг винтов, дождаться стабилизации показаний лага и скорости судна;

б) в момент прохождения первого створа начать замер времени при помощи 2 секундомеров одновременно и отпустить кнопку «СБРОС» лага, запустив счет пройденного расстояния;

в) в момент прохождения второго створа мерной линии остановить счет времени первого секундомера;

г) в момент появления на индикаторе МИЛИ пути, соответствующего длине мерной линии, остановить счет второго секундомера;

д) с целью уменьшения ошибки от течения и ветра повторить замер по п. а– г, не меняя оборотов и шаг винтов, пройти ту же мерную линию в обратном направлении;

е) рассчитать скорости и погрешность скорости лага в узлах в данном диапазоне скоростей:

$$V_{И} = \frac{\sum S_i}{\sum T_{иИ}}, \quad (2)$$

$$V_{Л} = \frac{\sum S_i}{\sum T_{иЛ}}, \quad (3)$$

$$\Delta_i = \frac{\sum S_i}{\sum T_{иИ}} - \frac{\sum S_i}{\sum T_{иЛ}}, \quad (4)$$

где $V_{И}$ – скорость истинная; $V_{Л}$ – скорость по лагу; S_i – длина мерных участков, мили; $T_{иИ}$ – время прохождения мерного участка в прямом и обратном направлениях, ч; $T_{иЛ}$ – время прохождения мерного участка по индикатору МИЛИ лага в прямом и обратном направлениях, ч.

Нелинейная корректировка лага.

В случае если погрешность лага в каком-либо диапазоне скоростей превышает допустимую (см. табл. 2), следует произвести нелинейную корректировку:

нелинейная корректировка лага производится введением в память прибора ПЦ пар $V_{Л}$ и $V_{И}$. Для этого нажать кнопку НЕЛИН. При помощи кнопок «+» и «-» на мигающем табло УЗЛЫ установить значение скорости, измеренное лагом $V_{Л}$. При помощи кнопки РЕЖ перейти к мигающему значению фактической (истинной) скорости на табло МИЛИ и установить на нем значение $V_{И}$. Переход к следующей паре значений производится кнопкой РЕЖ.

Следует также ввести скорость $V_{Л} = V_{И}$, на которой был определен линейный коэффициент лага. После ввода всех пар скоростей при нажатии кнопки НЕЛИН они отсортируются в порядке возрастания, и нелинейные поправки лага будут вычислены автоматически.

Ввести рассчитанный нелинейный коэффициент в прибор ПЦ, нажав кнопку НЕЛИН и выбрав нужный диапазон скорости кнопкой РЕЖ. Выйти из режима нелинейной корректировки повторным нажатием кнопки НЕЛИН.

Определение остаточных погрешностей.

Определение остаточных погрешностей выполняется после определения начальных погрешностей и ввода поправок на той же мерной линии и тех же скоростях, что и определение начальных погрешностей, для каждого из возможных диапазонов скоростей. Величина остаточной погрешности не должна превышать значений табл. 2.

В случае когда на какой-либо скорости погрешность превышает допустимую, следует повторно определить нелинейную поправку. Перед определением нелинейной поправки следует предварительно исключить влияние ранее введенных нелинейных поправок. Для этого следует нажать кнопки ЛИН и РЕЖ. При этом начинает мигать индикатор РАБОТА, что означает расчет скорости только по линейному коэффициенту. Выход из режима – повторным нажатием кнопки ЛИН.

Результаты калибровки лага и его поправки записываются в формуляр.

Заключение

В данной работе были рассмотрены методы повышения точности работы индукционного электронного лага ИЭЛ-3М, расчеты и учет поправок, позволяющих более точно эксплуатировать судно в море, что ведет к повышению безопасности мореплавания.

Библиографический список

1. Саранчин А.И., Полковников В.Ф., Завьялов В.В. Индукционный электронный лаг ИЭЛ-3М: учеб. пособие. Владивосток, 2003. 40 с.
2. <https://megalektsii.ru/s24608t6.html>.
3. Алифанов Р.Н., Саранчин А.И. Технические средства судовождения. Теория, конструкция и эксплуатация индукционного лага. Владивосток, 2006. 42 с.

Алексей Сергеевич Сыпало

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-212, Россия, Владивосток, e-mail: AS2000-1910@mail.ru

Научный руководитель – Людмила Ивановна Мезенцева, канд. геогр. наук, доцент

Анализ аварийности судов по гидрометеорологическим причинам

Аннотация. Выполнен анализ аварий, происходящих на морских судах из-за нарушений правил безопасности плавания по погодным условиям. Наиболее часто аварии на морских судах случаются в холодное полугодие в условиях жесткого шторма или при обледенении судов.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, аварийность, обледенение судов, потеря устойчивости.

Alexey S. Syalo

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-212, Russia, Vladivostok, e-mail:
AS2000-1910@mail.ru

Scientific adviser – Ludmila I. Mezentsseva, PhD, Associate Professor

Analysis of ship accidents by hydrometeorological reasons

Abstract. The analysis of accidents occurring on sea vessels due to violations of navigation safety rules due to weather conditions is carried out. Most often, accidents on ships occur in the cold half of the year in severe storms or when ships are iced.

Keywords: safety of navigation, accident rate, icing of ships, loss of stability.

Производственные операции по добыче рыбы зачастую протекают в условиях повышенного риска: работы ведутся на открытых промысловых палубах, в условиях качки, забрызгивания и заливания палубы морской водой, порой в сочетании с низкими температурами воздуха и большими скоростями ветра. Сильные ветры с бортовой и килевой качкой и рысканием судна приводят к потере скорости судна, ограничению комфортности, создают угрозу безопасности судна, затрудняют проведение производственных операций.

Неблагоприятные для морских операций и в целом режимные гидрометеорологические условия в каждом регионе обладают специфическими чертами, что определяется прежде всего широтой местности, географическими особенностями района внутри широтной зоны, характером сообщения с океаном, рельефом побережий и другими факторами. Режим гидрометеорологических условий Дальнего Востока, например, тесно связан с общей системой циркуляции атмосферы и широтой местности, на которые накладывается муссонная циркуляция, обуславливающая выраженную сезонность в режиме ветра, увлажнения, явлений погоды.

Ветер – важнейший метеорологический параметр для большинства видов морской деятельности. Вызывая волнение, ветер создает неблагоприятную обстановку для промысла, с другой стороны, он оказывает механическое воздействие на обитателей прибрежной зоны.

Для дальневосточных морей можно отметить ряд особенностей в распределении параметров ветра. Например, усиление ветра до градации шторма возникает в следующих си-

туациях: градиентное усиление ветра северных направлений муссонного происхождения, фронтальный шторм, шторм в тылу волн или циклонов на основных и вторичных фронтах, обусловленный тайфунами, регенерировавшими на полярном фронте.

Наибольшей активностью шторма отличаются в районах вблизи Курильских островов, юге Сахалина и Камчатки, у Алеутской гряды. Здесь они имеют наибольшую силу и продолжительность. Жестокие шторма на дальневосточных морях: Японском, Охотском и Беринговом, наблюдаются, главным образом, в холодное полугодие. Возникают при прохождении глубоких южных циклонов, следующих с юга Японского моря на Сахалин, Курильские острова, Камчатку или Берингово море.

Качественное гидрометеорологическое обеспечение судов при плавании в прибрежной зоне невозможно без знания местных условий и учета особенностей орографии побережья. Вопросу о влиянии орографических эффектов на скорость ветра при плавании в прибрежной зоне посвящено множество работ, так как рассчитанный по полю давления ветер будет характерен лишь для открытой части моря, но не для прибрежной его зоны. Конфигурация берегов и их топография, ориентация заливов и проливов значительно меняют направление и скорость ветра. Поэтому пренебречь связанными с влиянием местных условий особенностями режима ветра прибрежной полосы нельзя, тем более, если берега гористые, а их рельеф сложен.

При проведении работ на открытом воздухе следует учитывать сведения о температуре воздуха, особенно в холодный период года, при перегрузке рыбы и рыбопродуктов как в море, так и в порту, при транспортировке скоропортящихся грузов.

Температура поверхности моря важна сама по себе как одна из характеристик погоды, обуславливающая комфортность пребывания в море, а также как основание для прогноза наличия или отсутствия рыбы в данном районе и ее поведении. Применение сведений о гидрометеорологических показателях окружающей среды (температуре, солёности, волнении и т.п.) дает возможность повысить эффективность рыбного промысла и обеспечить безопасность мореплавания.

Серьезную угрозу безопасности судов в море представляет образование льда на надстройках судов, т.е. обледенение. Оно всегда сильно мешает рыболовству, а в некоторых случаях приводит к гибели промысловых судов и экипажа. Неслучайно такое большое количество работ посвящено этой теме [1–4].

Многие годы особое внимание уделяется разработке эффективных средств и методов защиты рыболовных судов от обледенения. К решению этой проблемы привлечены различные министерства и ведомства, ряд научно-исследовательских институтов. На основе материалов экспедиций рыбной промышленности по изучению условий обледенения промысловых судов и испытанию средств защиты от обледенения многими авторами приводятся характеристики обледенения, даются рекомендации по расчету возможных и фактических весовых количеств льда на судне при различных сочетаниях гидрометеорологических условий, а также по борьбе с обледенением [2, 5, 6].

Основными гидрометеорологическими параметрами, обуславливающими обледенение судна, являются:

- температура воздуха, поскольку температура верхних устройств судна определяется и практически равна ей;
- температура воды, слишком высокая температура воды не дает возможности быстро образоваться льду, и вода стечет;
- скорость ветра, ветер определяет волнение на море, забрасывает и распределяет брызги воды по судну.

В таблице представлены крайние границы и наиболее часто повторяющиеся градации гидрометеорологических параметров, способствующих или сопутствующих обледенению судов в Дальневосточном бассейне.

Пределы основных гидрометеорологических параметров, определяющих обледенение судов

Параметр	Температура воды, °С	Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с	Волнение, м	Облачность, балл	Толщина льда, см	Направление ветра, град.
Охотское море							
Наибольшая повторяемость	-1 > 32 %	-4...-6 > 24 %	5 8 %	0 > 26 %	8 32 %	2-3 24 %	320 > 6 %
Абсолютное большинство	+ 3–Т _{зам} 78 %	-12...0 >80 %	2-15 > 75 %	0-4 77 %	6-9 > 75 %	1-6 > 75 %	270-40 > 74 %
Берингово море							
Наибольшая повторяемость	+1 >25 %	-5 >6 %	5 – 6,8 % 12,5 – 8,5 %	0 >18 %	8 42 %	2-3 23 %	30 >8 %
Абсолютное большинство	+2...-1 78 %	+2...-14 >76 %	2-15 >75 %	0-5 80 %	6-9 >73 %	0-5 >77 %	320-70 >68 %
Японское море							
Наибольшая повторяемость	+1...+2 >16 %	-5...-6 > 9 %	12 9 %	3 > 17 %	8 28 %	1-2 >50 %	320 >9 %
Абсолютное большинство	+0...+7 78 %	-16... 0 >90 %	5-16 >75 %	0-6 85 %	7-9 >55 %	0-5 80 %	270-360 >67 %

Судоводителю для принятия решения о выводе судна из опасной зоны обледенения необходимо сделать анализ синоптического положения. Для этого выполняют следующие мероприятия:

а) выделяется район нахождения судна и траектория его перемещения в район лова на фактической приземной синоптической карте ближайшего срока и прогностической карте;

б) рассчитывается скорость и направление ветра и ветровое волнение, с использованием фактической карты погоды и учетом перестройки барического поля при необходимости используются прогностические карты;

в) производится оценка термического состояния воздушной массы и поверхности моря, учитывается трансформация воздушной массы;

г) делается вывод о вероятности возникновения морского брызгового обледенения и таких явлений погоды, как морось, дождь, туман, мокрый снег, которые приводят к образованию особо прочного пресного льда;

д) принимается решение о выводе судна из опасной зоны при угрозе обледенения, либо о продолжении лова. При этом необходимо помнить, что для рыболовецких судов вероятность обледенения значительно возрастает, если до начала явления температурами воздуха в районе судна имела отрицательные значения.

При обледенении муссонного характера, которое характерно для прибрежной зоны как Японского моря, так и Охотского морей в холодное время года, следует выполнить следующие мероприятия:

а) уйти мористее, обычно при удалении от берега (около 100 и более миль) интенсивность обледенения уменьшается;

б) если своевременно уйти мористее нет возможности, следует подойти к берегу как можно ближе;

в) при наличии ледяных полей следует войти в лед.

При обледенении в зоне циклона следует:

а) по возможности выйти в его юго-восточный сектор, где преобладают ветры южных и юго-западных направлений (при этом вероятность обледенения уменьшается);

б) при недостатке времени для ухода в малоопасную зону циклона следует подойти к берегу или войти в лед, как в случае муссонного обледенения.

Итак, в районах возможного обледенения судоводитель, получив необходимую гидрометеорологическую информацию о вероятности и ожидаемой интенсивности обледенения, учитывая фактическую погоду, обстановку по факсимильным картам погоды, получив сводку с судов, находящихся в этом районе, принимает решение о возможности обледенения для своего судна и должен принять меры по уходу из района вероятного обледенения.

Опасность для судна при обледенении заключается в следующем [5, 6]:

- во-первых, получив дополнительный груз, судно теряет запас плавучести, который может стать нулевым;

- во-вторых, получив груз выше центра тяжести (ЦТ), ухудшается остойчивость, которая может стать критической;

- в-третьих, получив груз не симметрично, меняется посадка, что приводит к ухудшению управляемости и маневренности.

Для сравнения можно отметить, что потеря плавучести происходит обычно при весе льда 15–40 % от водоизмещения. Начальный крен при обледенении очень быстро достигает опасной величины [7]. В лабораторных условиях, на моделях, установлено, что опрокидывание может произойти при особо неблагоприятных условиях через 45 мин после начала обледенения.

За счет покрытия надводной части судна льдом увеличивается площадь парусности и возрастает кренящий момент от действия ветра. Замерзание шпигатов и штормовых портиков приводит к образованию большой массы воды между фальшбортами, что резко снижает плавучесть и еще более ухудшает остойчивость.

Из-за неравномерного распределения льда по длине судна появляется и увеличивается дифферент на нос. Так как лед быстрее нарастает на подветренной стороне (противоположной той, на которую дует ветер), появляется постоянный крен судна. Ухудшается управляемость судна и снижается его скорость.

По статистическим данным Ространснадзора, ежегодно от обледенения гибнет порядка 10 судов, а ещё сотни судов попадают в критическое положение [8].

Обледенению подвержены суда различных типов и конструкций, однако наибольшую опасность обледенение оказывает на маломерные суда, которые в период шторма подвергаются забрызгиванию морской водой, в результате чего при низких температурах воздуха и воды происходит обледенение корпуса и надстроек судна.

Потеря остойчивости в первую очередь угрожает малым и среднетоннажным судам, таким как рыболовные суда типа рыболовные сейнеры РС-300, средние рыболовные траулеры типа СРТ-300, СРТ-400, средние рыболовные траулеры рефрижераторные (СРТР), а также суда других типов, близких к ним по размерам и архитектуре. Суда такого типа осуществляют промысел в морях Дальнего Востока, часто в тяжелых гидрометеорологических условиях.

Примером гибели судна по причине обледенения может служить случай крушения 25 января 2018 г. рыболовецкого траулера «Восток». Траулер обледенел, потерял остойчивость и затонул.

По версии расследования судно оказалось в метеоусловиях, к которым не было приспособлено. Речь шла о шторме 4–5 баллов, ветер достигал 24 м/с. Все 20 членов экипажа погибли [5].

28 декабря 2020 г. в акватории Баренцева моря вблизи Новой Земли Архангельской области произошло затопление рыболовецкого судна «Онега». По предварительным данным, «Онега» затонула из-за обледенения. На судне сработал спасательный буй. На борту находились 19 человек. Двоих из них спасли коллеги с другого судна. Еще 17 числились пропавшими без вести. По предварительным данным экстренных служб, они погибли [8].

Суда с относительно большими надстройками и низким свободным бортом с большей вероятностью столкнутся с серьезными проблемами дестабилизации из-за обледенения. Обледенение судна наиболее серьезно в следующих областях: форштевень, фальшборт и ограждение фальшборта, наветренная сторона надстройки и рубки, канализационные трубы, якоря, палубное оборудование, палуба бака и верхняя палуба, контейнеры, люки, антенны, стойки, ванты, мачты, рангоуты и связанное с ними такелажное оборудование.

Обледенение надстройки наиболее вероятно при температуре воздуха $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже и ветре 17 уз и более. Ветер силой 5 баллов по шкале Бофорта может вызвать слабое обледенение, ветер силой 7 баллов – умеренное, ветер силой выше 8 баллов – сильное обледенение.

В зависимости от относительного направления ветра и волн, асимметричное обледенение может привести к смещению центра тяжести вверх и в сторону от центральной линии, вызывая крен судна, что еще больше увеличивает его склонность к опрокидыванию. Международный кодекс остойчивости неповрежденного судна включает поправку на обледенение: « 30 кг/м^2 на открытых палубах и $7,5\text{ кг/м}^2$ для предполагаемой боковой площади каждого борта судна над водной плоскостью», которая должна быть включена в расчет остойчивости для судов, подверженных риску обледенения [7].

Накопление гидрометеорологических данных и их использование в морской практике, совершенствование модельных прогнозов дают возможность с высокой точностью рассчитывать вероятность обледенения судов, избегать случаев с сильными и катастрофическими явлениями.

Библиографический список

1. Бондарев В.А. Обледенение морских судов как проблема обеспечения безопасности // Морской вестн. 2005. № 1(13). С. 89–92.
2. Гордиенко А.И., Захарьян Р.Г. Плавание судов в особо тяжелых погодных условиях: учеб. пособие. СПб.: ГАМ им. адм. С.О. Макарова, 2004. 98 с.
3. Качурин Д.Г., Смирнов И.А., Гашин Л.И. Обледенения судов: учеб. пособие. Л.: ЛГМИ, 1980. 56 с.
4. Лоция северо-западного берега Японского моря от реки Туманная до мыса Белкина. СПб.: ГУНИО, 1996. 360 с. Доступно из URL: <http://parusa.narod.ru/bib/books/fareast/1401.htm>.
5. Справочник капитана дальнего плавания / Л.Р. Аксютин, В.М. Бондарь, Г.Г. Ермолаев и др.; под ред. Г. Ермолаева. М.: Транспорт, 1988. 248 с.
6. Солдатенков А.Е. Обледенение судов и борьба с ним // Мореходство и морские науки. 2011. С. 280–287.
7. Международный кодекс остойчивости судов в неповреждённом состоянии 2008 года (Кодекс ОШС) (рез. MSC.267(85) с поправками. Изд. 4-е. СПб.: АО «ЦНИИМФ», 2019. 242 с.
8. Аварийность судов [Электронный ресурс]. https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportny-h-proisshes/analiz-i-sostoyanie-avarijnost_

Андрей Игоревич Токарь

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-212, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Виктория Викторовна Бойко, старший преподаватель

Травматизм на море в результате нарушения правил техники безопасности

Аннотация. Травматизм – один из наиболее распространенных типов аварий на борту судов, который является результатом несоблюдения техники безопасности. Целью статьи является анализ причин несчастных случаев на морских судах.

Ключевые слова: нарушение правил, техника безопасности, аварийность, смертность, травматизм, несчастные случаи.

Andrey I. Tokar

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-212, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Victoria V. Boyko, Senior Lecturer

Injuries at sea as a result of violation of safety regulations

Abstract. Injury is one of the most common types of accidents on board ships, which is the result of non-compliance with safety procedures.

Keywords: violation of rules, safety precautions, accidents, deaths, injuries, accidents.

Моряки торгового флота работают в опасной среде, включающей физические, эргономические, химические, биологические, психологические и социальные элементы, которые могут привести к несчастным случаям на производстве и травмам.

В результате такой опасной среды моряки торгового флота подвергаются воздействию экстремальных погодных условий, опасных закрытых помещений, механического оборудования и токсичных грузов. Кроме того, из-за характера морской профессии моряки сталкиваются со строгими условиями труда, такими как долгие часы работы, жесткие организационные структуры и высокий уровень стресса и усталости. В некоторых странах на торговом судоходстве показатели смертности более чем в 20 раз превышают средние показатели в прибрежных отраслях соответствующей страны.

Однако статистических данных в области безопасности труда на море не хватает из-за плохого учета и значительных различий в методологиях сбора данных о несчастных случаях и инцидентах. В частности, с судов редко поступают сообщения о предаварийных ситуациях или авариях, не приводящих к потере рабочего времени или отпуску по болезни.

Целью данного исследования является изучение частоты, обстоятельств и причин несчастных случаев на производстве на торговых судах, а также выявление рисков, возникающих при выполнении ежедневных рутинных и опасных работ.

В это исследование были включены все несчастные случаи на производстве, произошедшие на борту торговых судов, ведущих международную торговлю, валовой вместимостью 500 регистровых тонн и больше.

Кроме того, несчастные случаи на производстве на борту рыболовных и пассажирских судов были исключены, так как эти суда требуют совсем другого опыта работы с точки

зрения технических требований. Четко проанализировав основные причины и факторы риска несчастных случаев на производстве, будет легче принять правильные превентивные меры. Данные для этого исследования были получены из отчетов о несчастных случаях на производстве, опубликованных подразделениями по расследованию морских происшествий, такими как Отделение по расследованию морских происшествий (МАІВ), Отдел по расследованию безопасности на море, Группа по расследованию безопасности на море (MSIU) и Австралийская служба безопасности на транспорте, бюро (АТСБ). Выводы показали, что падение на борт/падение за борт является наиболее распространенным типом несчастного случая, связанным с нарушением техники безопасности, и опытные моряки более подвержены травмам по сравнению с другими членами экипажа. Можно сказать, что несчастные случаи на производстве на торговых судах представляют собой серьезную проблему, которую необходимо решать, и анализ показал, что следует уделять больше внимания человеческим и организационным факторам по соблюдению техники безопасности.

В общей сложности 253 отчета соответствовали критериям. Гонконг, Мальта, Дания, Германия, Австралия и Великобритания предоставили 80 % всех отчетов об авариях, использованных в этом исследовании.

Отчеты об авариях были изучены посредством контент-анализа в виде переменных.

Переменные были разделены на три категории: переменные, связанные с судном, переменные, связанные с авариями, и переменные, связанные с жертвами. Переменные, связанные с судном, включали флаг корабля, возраст корабля и тип корабля.

Переменные, связанные с несчастным случаем, включали тип несчастного случая на производстве, рабочее место несчастного случая на борту судна, тяжесть несчастного случая, рабочую ситуацию во время несчастного случая и причину несчастного случая.

И переменные, связанные с жертвой, включали возраст моряка, стаж моряка, национальность моряка, звание моряка и время, проведенное моряком на борту, когда произошел несчастный случай.

Тип несчастного случая на производстве означает способ, при котором моряк на борту был ранен или погиб. В некоторых исследованиях, в которых изучалась профессиональная смертность в море, причины смерти были разделены на две категории: смерть от болезней и смерть от внешних причин.

Смерти от внешних причин включают несчастные случаи, самоубийства, убийства и неизвестные обстоятельства. А несчастные случаи, повлекшие за собой гибель людей на море, рассматриваются по трем направлениям: морские бедствия, несчастные случаи на производстве и несчастные случаи при исполнении служебных обязанностей. Эти несчастные случаи были связаны с нарушением правил техники безопасности.

В это исследование были включены только несчастные случаи на производстве, произошедшие на борту судна, в то время как убийства, самоубийства и морские катастрофы, повлекшие за собой смерть или травмы, были исключены.

И несчастные случаи на производстве были классифицированы в соответствии с МОТ (1996) с точки зрения типа несчастного случая (например, падения людей, удары падающими предметами и воздействие или контакт с вредными веществами). В исследовании использовалась описательная статистика, чтобы получить общее представление о несчастных случаях на производстве, произошедших на борту судна.

Всего было рассмотрено 253 отчета о несчастных случаях в результате нарушения правил техники безопасности, в общей сложности пострадало 311 человек. Из 311 жертв 63 % получили очень серьезные морские травмы, 32,5 % получили серьезные травмы и 4,5 % получили менее серьезные травмы. Для классификации несчастных случаев на производстве использовалась классификация тяжести несчастных случаев Международной морской организации (ИМО).

Согласно ИМО серьезная травма означает травму, полученную моряком, которая привела к потере трудоспособности, когда моряк не может нормально функционировать в течение более 72 ч, начиная с семи дней с момента получения травмы. Серьезные травмы

включают в себя любой перелом, любую потерю конечности или части конечности, потерю зрения, временную или постоянную, и любую другую травму, ведущую к переохлаждению или потере сознания, и т.д. Менее серьезные морские аварии или травмы означают, что они не относятся к категории очень серьезного или серьезного несчастного случая.

На азиатских моряков приходится почти половина несчастных случаев на производстве (51 %), а европейские моряки занимают второе место с 20 %. Кроме того, почти 30 % моряков были из разных стран мира. Из 311 пострадавших семьдесят два (23,2 %) были филиппинцами, шестьдесят восемь (21,9 %) китайцами, восемнадцать (5,8 %) украинцами и одиннадцать (4,2 %) турками. Средний возраст 286 моряков составлял 38 лет (диапазон: 18–66), а возраст 25 моряков не был указан в отчетах об авариях. 9 % были в возрасте 25 лет и младше, 33,8 % были в возрасте 26–35 лет, 24,4 % были в возрасте 36–45 лет, 19 % были в возрасте 46–55 лет и 5,8 % были в возрасте 56 лет и старше.

Средний стаж плавания моряков, получивших травмы на производстве, связанные с нарушением правил техники безопасности, составил 11 лет. В то время как морской стаж моряков увеличивался, количество несчастных случаев на производстве снижалось. На моряков со стажем 6–10 лет – составили почти половину из 281 случая.

Однако на моряков со стажем плавания 21–25 лет приходится почти 15 % случаев. Было замечено, что по мере увеличения времени, проведенного на борту, увеличивается число моряков, пострадавших от несчастных случаев по собственной халатности на производстве.

Если рассмотреть процент несчастных случаев согласно званиям и должностям, то матросы и рядовые моряки составляли 45 % всех моряков, пострадавших на производстве при нарушении правил техники безопасности. Боцманы, офицеры тоже были подвержены несчастным случаям на производстве. Большинство несчастных случаев произошло с участием палубных матросов (56 %) и более трех четвертей (76%) моряков работали в палубной службе.

Падение на борт/падение за борт было признано наиболее частым несчастным случаем при нарушении правил техники безопасности, от которого пострадали 128 моряков, 96 из них погибли, 24 из них получили серьезные травмы, а 8 получили менее тяжелые морские травмы. Воздействие вредных веществ и удушье в грузовых трюмах и цистернах также были более распространенной формой несчастного случая при нарушении правил техники безопасности среди моряков (44 случая). 16 из 44 случаев привели к смерти и серьезным травмам соответственно.

Большинство из 311 моряков (272, 87,5 %) в момент аварии работали на палубе, еще 28 (9 %) находились в машинном отделении. Наиболее частыми трудовыми ситуациями во время аварии были работы по техническому обслуживанию и ремонту (36 погибших и 18 тяжелых травм), погрузка и разгрузка грузов (32 погибших и 12 тяжелых травм), швартовные работы (19 погибших и 13 тяжелых травм), лодочные учения (11 погибших и 12 тяжелораненых), зачистка цистерн или трюмов (20 погибших и 9 тяжелораненых) и вход в закрытые помещения (16 погибших и 5 тяжелораненых).

Наибольшая частота несчастных случаев на производстве была обнаружена на сухогрузах, контейнеровозах и судах для генеральных грузов. Из 253 судов, попавших в аварию на производстве, 51 судно (16,4 %) было зарегистрировано в Гонконге, 44 судна (14,1 %) – на Мальте, 20 судов (6,4 %) – в Германии и 20 судов (6,4 %) плавали под флагом Дании. Кроме того, 39 % судов, на которых произошел несчастный случай на производстве, ходили под удобными флагами (например, Панама, Либерия, Мальта), исключая суда других категорий. Кроме того, 69 судов, попавших в аварию на производстве, были в возрасте 5 лет и младше, 56 судов – в возрасте 6–10 лет и 52 судна – в возрасте 20 лет и старше.

Наиболее распространенные причинные факторы, приводящие к несчастным случаям на производстве, были рассмотрены в различных категориях, полученных из отчетов о несчастных случаях на производстве. Наиболее частыми причинами несчастных случаев были признаны опасные методы работы и незнание правил и инструкций (48,6 %) (например, работа в неподходящем месте на борту, неиспользование средств индивидуальной

защиты, опасные рабочие привычки, халатность). Другими общими факторами, способствовавшими авариям, были недостаточная оценка рисков и идентификация опасностей (например, невыполнение обязательств при оценке рисков или недооценка значимости выявленных опасностей), недостатки в соблюдении инструкций и руководств (например, несоблюдение руководств по управлению безопасностью, непредвиденные ситуации), ненадлежащее образование, опыт и обучение, а также небезопасная рабочая среда (например, ненастная погода, плохое освещение, недостаточная вентиляция) и отсутствие коммуникации и командной работы.

Расследование происшествий проводилось в соответствии с международными договорами и документами. К ним относятся Конвенция об охране человеческой жизни на море (СОЛАС) (в частности, Кодекс о расследовании аварий), соответствующие резолюции Международной морской организации (ИМО) и статья 94(7) Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву (ЮНКЛОС), и эти отчеты имеют решающее значение для распространения информации об уроках безопасности и предотвращения подобных аварий и инцидентов в будущем.

Согласно ИМО (2008 г.) расследование морской безопасности должно проводиться в отношении каждой «очень серьезной морской аварии, а также других морских аварий и инцидентов, которые настоятельно рекомендуется расследовать».

Однако несмертельные несчастные случаи на производстве, морские инциденты и опасные происшествия редко расследуются, и о них сообщается подразделениям по расследованию морских происшествий.

Более половины несчастных случаев на производстве со смертельным исходом (116, 59 %) были связаны с палубной службой, что согласуется с другими международными исследованиями, которые определили, что палубная служба подвергается наибольшему риску несчастных случаев при несоблюдении правил техники безопасности и халатности. Что касается несмертельных травм, то палубная служба (74, 73 %) по-прежнему подвергается наибольшему риску из-за тяжелых работ на палубе и в трюмах. Однако травмы без летального исхода более равномерно распределяются среди рядового и офицерского состава по сравнению с авариями со смертельным исходом. Падения на борт или за борт торговых судов стали причиной почти 40 % несчастных случаев на производстве.

Они в основном связаны с нарушением правил техники безопасности, такими как: падение в трюмы или внутри них во время грузовых операций, с трапов или вниз по лестницам, падение с высоты во время работы на борту судна для покраски или очистки и падение за борт при установке или демонтаже трапов и лоцманских трапов.

Смертельные случаи и серьезные травмы в результате падений за борт или падения на борт можно в значительной степени предотвратить за счет более широкого использования самонадувающихся спасательных жилетов или страховочных ремней при выполнении потенциально опасных операций на больших высотах или вдоль бортов судов. Удушье и воздействие вредных веществ в закрытых помещениях во время входа в трюмы и танки для очистки остатков груза, технического обслуживания и плановых проверок также были зарегистрированы как один из наиболее распространенных видов несчастных случаев с нарушением техники безопасности на производстве среди моряков. Предотвращение аварий в закрытых помещениях может быть достигнуто за счет соблюдения рекомендуемых процедур при входе в закрытые помещения (ИМО, 2010).

При швартовно-якорных работах одним из видов несчастных случаев на производстве со смертельным исходом и тяжелыми травмами среди моряков является удар о швартовные или буксирные канаты и якорную цепь (17 погибших, 12 тяжелых травм). Опасности часто возникают, когда канаты натягиваются из-за внезапных непредсказуемых движений судна, использования изношенных канатов/тросов и небрежного отношения к зонам защелки. Кроме того, одной из причин аварий при швартовке была слабая связь между экипажем судна и между корабельным и береговым персоналом.

Этого типа несчастных случаев можно избежать путем регулярного технического обслуживания и замены изношенных канатов, а также путем осторожного нахождения рядом

с канатами, находящимися под напряжением. Кроме того, прежде чем планировать швартовные и якорные операции, учет таких факторов погодных условий, как ветер и течение, имеет решающее значение для предотвращения непредвиденных движений судов.

Рассмотрим пример несчастного случая при пересадке с борта на борт. Ввиду своей халатности и несоблюдения правил техники безопасности 22.10.2015 лоцман лоцманской компании ООО «Аквалайнс» при пересадке с разъездного т/х «Прометей» (судовладелец ООО «Аквалайнс») на т/х «РУСИЧ-4» (судовладелец ОАО «Северо-Западное пароходство»), не дождавшись окончания швартовки, попытался подняться на борт судна и, не удержавшись, упал в воду. Членами экипажей двух судов лоцман был поднят на палубу т/х «Прометей» без признаков жизни. Реанимационные мероприятия результата не дали. Приехавшие врачи скорой помощи констатировали смерть лоцмана.

Библиографический список

1. <https://jshippingandtrade.springeropen.com/articles/10.1186/s41072-021-00098-y> – информация по предотвращению происшествий на судах.
2. <https://seaspirit.ru/morskie-konvencii/morskoe-pravo/rassledovanie-avarijnyx-morskix-proisshestvij.html> – расследование морских происшествий.
3. <https://www.transport.gov.mt/maritime-40> – информация по морским происшествиям;
4. <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/About/Documents/IMO%20What%20It%20is%20Russian.pdf> – IMO.
5. <https://mtip.gov.mt/en/Pages/MSIU/Marine-Safety-Investigation-Unit.aspx> – MSIU.
6. <https://www.gov.uk/maib-reports> – расследования МАИБ.
7. <https://www.imo.org/en/OurWork/MSAS/Pages/Casualties.aspx> – расследования IMO.
8. <https://sea.rostransnadzor.gov.ru> – морские происшествия.
9. <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportnyh-proissheshtij/analiz-i-sostoyaniye-avarijnost> – анализ по аварийности.
10. <https://www.jstor.org/stable/27731628> – профессиональные несчастные случаи на борту торговых судов.

Никита Константинович Туник

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭМс-112, Россия, Владивосток

Егор Алексеевич Болдарев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭМс-112, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Виктория Викторовна Бойко, старший преподаватель

Пожары в машинных помещениях

Аннотация. На основании анализа статистики по пожарам на судах можно сделать вывод, что, несмотря на относительно небольшое их количество, они весьма опасны для людей, приносят значительный материальный ущерб и их сложно тушить. Пожары условно делятся на три группы: в жилых и служебных помещениях; в машинных помещениях; в грузовых помещениях. Проведено исследование основных причин и особенностей тушения пожаров в машинных помещениях.

Ключевые слова: пожар, безопасность на море, машинные помещения.

Nikita K. Tunik

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMs-112, Russia, Vladivostok

Egor A. Boldarev

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMs-112, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Victoria V. Boyko, Senior Lecturer

Fires in engine rooms

Abstract. Based on the analysis of statistics on fires on ships, it can be concluded that, despite their relatively small number, they are very dangerous for people, cause significant material damage and are difficult to extinguish. Fires are conventionally divided into three groups: in residential and service premises; in machine rooms; in cargo spaces. The article studies the main causes and features of extinguishing fires in machine rooms.

Keywords: fire, maritime safety, machine rooms.

Пожары на судне являются одной из самых главных проблем, создающих опасность судоходству в наше время. Хотя происшествий, связанных с ними за год, и не так много, но они обладают весьма разрушительными свойствами, и если вовремя не заметить очаг возгорания, то за достаточно короткий срок последствия станут труднообратимы или необратимы вовсе.

Пожар на судне – это произвольно возникший на борту процесс горения, наносящий ущерб его свойствам, поражению людей и техники, уничтожению материальных ценностей, а иногда и гибели судна.

Сами пожары на судах разделяют между собой по таким тесно связанным параметрам, как их среднеобъемная температура газовой среды помещения, площадь проекции зоны

горения на горизонтальную вертикальную плоскость, так и продолжительность с момента возникновения до их ликвидации.

Их продолжительность, в свою очередь, зависит от характера (величины) пожарной нагрузки, массы горючих материалов и площади, занимаемой этими материалами.

Также важной для понимания характеристикой пожаров является непосредственно само пространство, в котором развивается пожар, условно его делят на четыре зоны, среди которых выделяют зону горения, где идет реакция с выделением теплоты, дыма и токсичных веществ, зона теплового воздействия, где изменяются свойства материалов, конструкций и пребывание людей без специальной защиты невозможно, а температура достигает более 60–80 °С, зона задымления, которая заполнена дымом, токсичными газами, концентрация кислорода снижена, видимость до 6 м и находится без средств защиты органов дыхания нельзя, а также зона безопасности, которая расположена вне перечисленных зон и позволяет находиться людям без средств защиты органов дыхания.

Основываясь на перечисленных выше параметрах, машинные помещения (МП) являются наиболее пожароопасной зоной на судне.

Также основанием для этого суждения является то, что машинные помещения, как правило, имеют не менее двух выходов в коридоры жилой надстройки. Кроме того, помещения связаны с надстройкой через вентиляционные каналы и другие коммуникации.

Исходя из этого, тема пожаров в МП заслуживает подробного рассмотрения по той причине, что существует острая необходимость в знаниях о причинах и (различных факторов) их возникновения с целью предотвращения и наиболее эффективной борьбы с ними.

Основными причинами пожаров в МП являются:

- воспламенение топлива или масла от нагретых поверхностей и открытого огня;
- неисправность электросети и перегрузка фидеров в главном распределительном щите;
- неисправность котлов и выхлопного тракта двигателей;
- нарушение эксплуатации энергетических установок;
- огневые работы.

В связи с незнанием вышеперечисленных причин и характеристик подобные ситуации часто заканчиваются гибелью судна и его экипажа. Об этом говорят реальные случаи пожаров, итог которых был плачевным.

Одним из примеров таких событий является случай в Махачкалинском морском торговом порту. В 04:38 11 июня 2019 г. во время перекачки нефтепродуктов с танкера произошёл хлопок газовоздушной смеси в машинном отделении.

После ликвидации пожара обнаружены тела 3 членов экипажа. Три члена экипажа с ожогами средней степени тяжести были госпитализированы. Один из пострадавших впоследствии скончался.

В данной ситуации жертв и пострадавших можно было бы избежать, если бы экипаж судна работал более слаженно и грамотно.

Примером слаженной и грамотной работы экипажа является пожар 9 июля 2020 г. на судне *Brompton San*, направлявшемся на буровую платформу на шельфе Сахалина, возникший в машинном отделении.

Возгорание было ликвидировано, судно самостоятельно направились в порт Корсаков на юге Сахалина, 42 пассажира пересели на судно «Катунь», которое доставило их на буровую платформу. Никто не пострадал.

Происшествием похожего рода стало возгорание в машинном отделении судна «Киев», ошвартованного у причала в Мурманске 11 апреля 2022 г. Причиной происшествия послужило замыкание электропроводки в машинном отделении судна. С судна были эвакуированы 3 члена экипажа. В результате пожара никто не пострадал. В тушении пожара были задействованы 22 спасателя.

Анализируя оба этих происшествия, можно сделать вывод о том, что экипаж судна *Brompton San* и спасатели на судне «Киев» сработали верно, так как пострадавших не оказалось, и пожар был потушен.

Слаженная работа экипажа вышеупомянутых судов указывает на то, что они были компетентны в вопросах причин и способов тушения пожаров в МП, а также в том, что скорость распространения горения в МП чрезвычайно высокая.

При возникновении пожара в МП продукты горения быстро заполняют его, нагревая оборудование и переборки.

Через неплотности дверей, открытые иллюминаторы, воздухопроводы системы вентиляции дым распространяется в другие помещения. Скорость распространения горения по МП составляет 8,0–10,0 м/мин.

Количество происшествий, связанных с пожарами в машинных помещениях

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
4	5	7	9	4	4	2

Основываясь на всей вышеизложенной информации о пожарах в машинных помещениях и реальных случаях подобных возгораний, можно сделать вывод о том, что пожары в машинных помещениях являются одним из наиболее опасных видов происшествий на судах, которые, в случае некомпетентности экипажа и халатного отношения, могут привести к огромным потерям, как материальным, так и человеческим.

Пожары в машинных помещениях заслуживают подробного изучения с целью их предотвращения и эффективной борьбы с ними.

Библиографический список

1. https://studopedia.ru/3_180334_teorija-pozhara.html;
2. <https://fireman.club/inseklodepia/zona-pozhara/>;
3. <https://mirmarine.net/bezopasnost-moreplavaniya/nbzhs/1226-nbzhs-borba-ekipazha-s-pozharami>;
4. <https://propb.ru/calendar/vzryv-neftyanogo-tankera-v-makhachkale-11-iyunya-2019-g/>;
5. <https://www.mk.ru/incident/2020/07/10/sudno-s-vakhtovikami-vspykhnulo-na-shelfe-sakhalina.html>;
6. <https://www.murmansk.kp.ru/online/news/4703030/>;
7. <https://helpiks.org/4-3253.html>;
8. <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportnyh-proissheshestv/analiz-i-sostoyanie-avarijnost>;

Олег Константинович Тюкин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-512, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Владимир Владимирович Карасев, канд. техн. наук, доцент

Особенности радиосвязи на промысловых судах

Аннотация. Современное судоходство невозможно без применения эффективных средств связи. Огромный поток информации, поступающий от береговых структур к флоту и обратно, а также циркулирующий между судами, требует наличия на судне высокопроизводительных систем передачи данных, позволяющих надежно и оперативно поддерживать связь с большим количеством абонентов.

Ключевые слова: радиосвязь на промысловых судах, обеспечение радиооборудованием.

Oleg K. Tyukin

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-512, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Vladimir V. Karasev, PhD, Associate Professor

Features of radio communication on fishing vessels

Abstract. Modern shipping is impossible without the use of effective means of communication. The huge flow of information coming from coastal structures to the fleet and back, as well as circulating between ships, requires the availability of high-performance data transmission systems on the ship, allowing reliable and prompt communication with a large number of subscribers.

Keywords: radio communication on fishing vessels, provision of radioequipment.

Первые приемопередающие радиостанции были размещены на военных кораблях «Аскольд», «Варяг», «Чесма», которые пришли в Мурманск в 1917 г. Позже военные связисты построили станцию на горе Горелая мощностью 10 кВт, высота мачты – 55 м. Одна из первых радиостанций установлена на ледоколе «Ермак», а в 1922 г. – на двух рыболовных траулерах. В 1924 радиостанции смонтировали еще на 8 траулерах. К началу ВОВ был радиофицирован практически весь рыбопромысловый флот.

Рыбопромысловые суда, как и все суда, подпадающие под действие конвенции СОЛАС-88, обязаны иметь определенное радиооборудование, в зависимости от районов плавания. Один из основных принципов обеспечения безопасности мореплавания, реализованный в резолюциях ГМССБ, основан на положении о том, что судно должно иметь, по крайней мере, два независимых средства для передачи сообщения о бедствии, обеспечивающих оповещение береговых контрольных станций. В то же время судно должно иметь возможность вести нормальную коммерческую и информационную связь. В связи с этим требования к радиооборудованию судов можно разделить на две группы – общие требования для всех судов и требования в зависимости от района плавания и выполняемых производственных задач.

Согласно общим требованиям каждое судно должно быть обеспечено следующим оборудованием:

1. УКВ-радиостанция, обеспечивающая двустороннюю связь в режимах:
 - ЦИВ на канале 70;
 - радиотелефонная связь на каналах 6, 13 и 16.
2. Радиооборудование, способное вести непрерывное наблюдение в режиме ЦИВ на 70-м канале УКВ.
3. Радиолокационный буй-ответчик с радиусом действия 3 см. Он может быть одним из буй-ответчиков, необходимых для спасательных средств.
4. Приемник NAVTEX для приема телексных сообщений, в случае если судно плавает в районах обслуживания NAVTEX.

Для передачи прибрежных предупреждений используется система NAVTEX, обеспечивающая передачу и автоматический прием информации с помощью узкополосной буквопечатающей телеграфии без привлечения судовых специалистов. В соответствии с Регламентом радиосвязи основной частотой, на которой передается данный вид информации на английском языке, является частота 518 кГц (класс излучения F1B). Для передач NAVTEX на национальных языках выделена частота 490 кГц и дополнительно для тропических районов – 4209,5 кГц.

В соответствии с решением Конференции стран-участниц СОЛАС-74 (Резолюция ИМО А.617(15) от 19 ноября 1991 г.) с 01 августа 1993 г. на всех судах с валовым регистровым водоизмещением более 300 т должны быть установлены автоматические навигационные приемники службы NAVTEX.

5. Радиооборудование для приема MSI через систему Inmarsat, если зона навигации судна не охвачена системой NAVTEX, но расположена в зоне действия системы Инмарсат.

6. Спутниковый аварийный маяк системы КОСПАС-SARSAT или системы Inmarsat устанавливается в легкодоступном месте, готов к немедленной эксплуатации (вручную или автоматически) и переносится усилиями одного человека.

Местным администрациям предоставляется право делать исключения для судов, построенных до 1 февраля 1997 г. и предназначенных исключительно для плавания в районах А2 и А3, если эти суда обеспечивают непрерывное слуховое наблюдение на 16-м канале УКВ.

На каждом судне должен быть предусмотрен резервный источник электрической энергии для питания радиооборудования, обеспечивающий радиосвязь при бедствии и в целях безопасности в случае выхода из строя основной и аварийной судовой энергетической установки.

В дополнение к вышеуказанным требованиям, в зависимости от района плавания, суда должны быть оснащены следующими средствами радиооборудования.

Рассмотрим на примере БМРТ «Большой морозильный рыболовный траулер». Район плавания – неограниченный. Следовательно, ходит в районах А1, А2, А3 и А4.

1. Для района А1

Средства передачи сигналов бедствия:

- на УКВ с применением ЦИВ (может быть заменено на аварийный радиобуй);
- через систему полярных спутников (КОСПАС-SARSAT);
- для судов, плавающих в зоне действия береговой СВ-ПВ-радиостанции с ЦИВ – на СВ-ПВ с использованием ЦИВ;
- через систему Inmarsat

2. Для районов А1 и А2

- Радиостанция СВ-ПВ диапазона, обеспечивающая двустороннюю связь на частотах: 2187,5 кГц в режиме ЦИВ и 2182 кГц – в режиме радиотелефонии;
- радиоаппаратура, обеспечивающая радиовахты в режиме ЦИВ на частоте 2187,5 кГц;
- средства, отличные от СВ-ПВ-радиостанции, для инициирования передачи на береговую радиостанцию сигнала бедствия: через спутниковую систему КОСПАС-SARSAT или на КВ с использованием ЦИВ, а также через спутниковую систему Inmarsat.

Кроме того, судно должно иметь возможность передавать и принимать сообщения в печатном виде посредством: радиооборудования, работающего в диапазоне 1605–4000 кГц или 4000–27 500 кГц, и судовой станции системы Inmarsat.

3. Для обеспечения безопасности и промысла при плавании в районах А1, А2, А3, характерных для промыслового плавания, судно должно использовать:

- судовую станцию системы Inmarsat, которая обеспечивает: передачу и прием сообщений в режиме прямой печати писем, передачу и прием вызовов с приоритетом «бедствие», прием оповещений о бедствиях с береговых станций, включая оповещения, выдаваемые для определенных географических районов, и передачу-прием обычных радиосообщений по радиотелефонной связи или прямой режим печати писем;
- радиостанцию СВ-ПВ, обеспечивающую прием и передачу сообщений о бедствии и безопасности на частотах: 2187,5 кГц в режиме ЦИВ и 2182 кГц – в режиме радиотелефонной связи;
- радиооборудование, обеспечивающее радиосвязь в городском режиме с частотой передачи данных 2187,5 кГц;
- средства инициирования передачи сигналов бедствия на береговую станцию с помощью: системы КОСПАС-SARSAT, КВ-радиостанции в режиме ЦИВ или судовой станции системы Inmarsat.

Кроме того, суда, предназначенные для плавания в зонах А1 и А2, при плавании в зоне А3 должны быть оборудованы:

- СВ-ПВ-радиостанцией, обеспечивающей прием и передачу сообщений тревоги и бедствия в частотных диапазонах 1605–4000 кГц и 4000–27500 кГц с использованием: ЦИВ, радиотелефонии и 22³/₄ прямого буквопечатания;
- оборудованием, обеспечивающим несение вахты в режиме ЦИВ на частотах 2187,5 кГц, 8414,5 кГц и, по крайней мере, на одной из частот для аварийных ситуаций и безопасности для ЦИВ – 4207,5 кГц, 6312 кГц, 12577 кГц, 16804,5 кГц.

Посредством инициирования передачи сигналов бедствия с судна на берег через службы, отличные от ВЧ: система КОСПАС-SARSAT (на частоте 406 МГц), система Inmarsat, через судовую станцию системы Inmarsat, через аварийные радиобуи системы Inmarsat.

Кроме того, суда должны иметь возможность передавать и принимать обычные радиосообщения с использованием прямого буквопечатания на СВ-ПВ в частотных диапазонах 1605–4000 кГц и 4000–27500 кГц.

4. При плавании в районах А1, А2, А3 и А4 в дополнение к общим требованиям суда должны быть оборудованы в соответствии с требованиями, предъявляемыми к судам, предназначенным для плавания в зонах А1 и А2, но плавающим в зоне А3. В то же время сигналы тревоги и бедствия должны подаваться как при нормальной эксплуатации судна.

При подготовке к переходу в район промысла должен быть отработан план радиосвязи.

Одним из важнейших этапов подготовки судна к выходу в море и организации связи является изучение инфраструктуры береговой сети связи, группировки береговых и прибрежно-наземных станций, способных поддерживать стабильную радиосвязь на протяжении всего рейса для обеспечения безопасности судоходства. Перед выходом в море необходимо определить радиооборудование судна для несения радионавигации, для получения информации о безопасности судоходства в соответствии с морскими районами ГМССБ, в которых расположены порт отправления и район промысла. Для этих целей разрабатывается План связи судна (Voyage Communications Plan), в котором должно быть указано:

- источник информации по безопасности мореплавания (ИБМ) (спутниковая станция), который будет доступен на протяжении всего плавания;
- зоны ответственности национальных береговых станций за связь в случае бедствия, срочность и безопасность на всех участках рейса;
- районы ГМССБ, где расположены порт отправления и район промысла, прибрежные станции (прибрежно-наземные), которые обеспечивают связь для обеспечения безопасности судоходства;

- другие станции, которые могут быть доступны, если оборудование национальных станций, отвечающих за связь в случае стихийных бедствий, срочности и безопасности, не соответствует судовому комплекту;

- система передачи судовых сообщений и службы, прием передач которых необходим (лоцманская служба, служба передачи списков обмена, служба внутривертолетных операций ит.д.).

Во время нахождения в море радиооператор должен выполнять проверки радиооборудования, обеспечивающего связь при бедствии и для обеспечения.

Результаты этих проверок должны заноситься в радиожурнал.

Радиооператор, которому поручено осуществлять радиосвязь общего назначения, должен обеспечивать несение эффективной вахты на тех частотах, на которых возможен радиообмен.

Радиосвязь в районе промысла должна обеспечить руководство промыслом с точки зрения контроля за ходом добычи и вылова.

Кроме этого, радиосвязь служит:

- 1) для обеспечения безопасного плавания путем использования информации от навигационного оборудования и систем, обеспечивающих процесс принятия решений;

- 2) выполнения правил МППСС-72 и Правила совместного плавания (ПСП) при работе в группе промысловых судов;

- 3) обеспечения получения прогноза как навигационного о погоде (НАВИМ, НАВИП), так и перспектив промысла;

- 4) обеспечения координации судов, работающих в районе промысла.

Таким образом, подготовка судоводителя к грамотному и полноценному использованию всех имеющихся на судне радиотехнических средств в существенной мере обеспечивает эффективный промысел и безопасное плавание в любом районе Мирового океана.

Библиографический список

1. Положение по организации радиосвязи на судах рыбопромыслового флота с учетом ГМССБ. СПб.: Гипрорыбфлот, 1999. 31с.

2. Перечень нормативных и руководящих документов, обязательных для отходящих в рейс судов 2022 год. М.: МОРКНИГА, 2022. 32 с.

3. Устав службы на судах рыбопромыслового флота Российской Федерации 2022 год. М.: МОРКНИГА, 2022. 76 с.

Никита Сергеевич Шмигидер

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-212, Россия, Владивосток, e-mail: shmigidier@mail.ru

Научный руководитель – Людмила Ивановна Мезенцева, канд. геогр. наук, доцент

Ледовая обстановка в Беринговом море в 2021–2022 гг.

Аннотация. Изучены особенности ледообразования в Беринговом море в текущем ледовом сезоне: сроки начала, максимальной ледовитости, площадные характеристики, виды морского льда. Проведено сравнение с климатическими данными.

Ключевые слова: Берингово море, ледяной покров, ледообразование, нилас, припай.

Nikita S. Schmigidier

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-212, Russia, Vladivostok, e-mail: shmigidier@mail.ru

Scientific adviser – Ludmila I. Mezentseva, PhD, Associate Professor

Ice conditions of the Bering Sea in 2021-2022 season

Abstract. The paper studies the features of ice formation in the Bering Sea in the current ice season: start dates, maximum ice cover, areal characteristics, types of sea ice. Comparison with climatic data is carried out.

Keywords: Bering Sea, ice cover, ice formation, nilas, prepay.

Активная навигация в Беринговом море, обусловленная, прежде всего, удаленностью района, а также интерес к богатым ресурсам моря определяют повышенное внимание к гидрологическим условиям моря, понимание которых работает на безопасность мореплавания. В холодное полугодие гидрометеорологические условия Берингова моря крайне суровы, что определяется низким фоном температур воздуха и воды, высокой повторяемостью штормов и, конечно же, сложной ледовой обстановкой.

В северной своей части море замерзает с ноября по май, в Беринговом проливе лед сохраняется с сентября по июль. Зимой 1/3 часть Берингова моря покрывают тяжелые льды, не проходимые для судов не ледового класса. В зависимости от суровости зимы продолжительность ледового периода может варьировать в широких пределах: от 80 до 252 сут в разных районах моря в мягкие сезоны, от 120 до 294 – в умеренные зимы и от 170 до 365 сут – в суровые зимы [1, 2].

Первое раннее ледообразование в отдельных заливах может наблюдаться во второй половине сентября. Чаще всего лед начинает образовываться в конце октября в северных районах моря. В декабре и январе процессы ледообразования усиливаются и распространяются на юг вдоль берегов. В марте-апреле ледяной покров достигает максимального развития, льдом покрываются северная половина моря и районы, прилегающие к восточному побережью Камчатки, вплоть до южной его оконечности.

В целом Берингово море покрывается льдом лишь наполовину. Максимальная ледовитость обычно наступает в марте, однако в зависимости от типа зимы наступление макси-

мальной ледовитости может наступить с конца февраля по начало апреля. Часто в указанный период наблюдается два максимума в ходе ледовитости, основной и вторичный. В мягкие сезоны максимум ледовитости зачастую наступает в конце февраля и достигает лишь 20 % от общей площади моря. Для умеренных и суровых зим характерно смещение основного максимума на конец марта – первую половину апреля, когда льдом покрывается, соответственно, 30 и 56 % поверхности акватории.

Активное разрушение, таяние льда начинается с середины апреля, заканчивается в июне. После малоледовитых зим лед в Беринговом море полностью исчезает к середине июня, но в среднем это происходит в июле. После суровых зим лед в Беринговом море встречается в течение всего лета. В августе и сентябре на западе акватории его можно встретить от о. Ратманова до бухты Провидения [1, 3].

Многолетний ход ледовитости Берингова моря отражает крупномасштабные климатические изменения, происходящие в атмосфере и океане, имеет определенные цикличности [4]. Текущий ледовый сезон тоже имеет ряд особенностей и отличий от среднего многолетнего сценария ледовых процессов. Эти особенности можно проследить по спутниковой информации, обработанной специалистами ФГБУ «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета» [5]. Климатические данные о декадной ледовитости Берингова моря заимствованы из «Гидрометеорологического бюллетеня» ФГБУ «ДВНИГМИ» [6].

На рис. 1 представлены карты-схемы, созданные в результате обработки данных спутников КА NOAA-19/AVHRR, TERRA/MODIS, AQUA/MODIS, SUOMI NPP/VIRS, SENTINEL-18/SAR-C [5]. На первой карте – состояние ледяного покрова в конце ноября 2021 г., в этот период активно развиваются процессы ледообразования. Вторая карта соответствует периоду максимального покрытия льдом поверхности моря, соответствует датам 29–31 марта 2022 г.

Рассмотрим более подробно ледовую обстановку в Беринговом море по состоянию на 27–29 ноября 2021 г.

В конце ноября 2021 г. на фоне отрицательных температур воздуха, на севере – от -23 до -19 °С, на юго-западе – от -6 до -4 °С, продолжался процесс ледообразования. В центральной части Берингова пролива, от о. Диомида до о. Св. Лаврентия, наблюдались сплоченные и очень сплоченные льды ниласовых форм, серые и серо-белые, заснеженностью 2 балла. Вдоль северо-восточного побережья сохранялся припай с преобладанием тонкого однолетнего льда.

На северо-западе моря кромка льда у 180-го меридиана достигла 64° с. ш.

Вдоль западного побережья залива Креста, в вершинах бухт и мелких заливах установился припай с преобладанием тонкого однолетнего. Мористее, в восточной части залива Креста – обширные зоны начальных видов льда, ниласовых, серого и серо-белого льда, сплоченностью до 9–10 баллов. Акватория залива Онемен покрыта припайным льдом с преобладанием тонкого однолетнего льда, его толщина, по донесению ГМС Анадырь, на 20 ноября 2021 г. достигла 40 см. Южная часть Анадырского лимана также покрыта припаем преимущественно из тонкого однолетнего льда. От косы Земля Гека до бухты Угольная – поджата к материковому побережью полоса начальных, ниласовых, молодых льдов, высокой сплоченности.

Вдоль материкового побережья, от мыса Наварин до мыса Олюторский, в мелких бухтах и заливах – сплоченные и очень сплоченные начальные и ниласовые виды льда. Вдоль северо-восточного побережья Камчатки, в заливах Анапка и Корф, в бухтах Карага и Оссора наблюдались начальные виды и ниласовые льды, сплоченностью 8–10 баллов.

На северо-востоке, севере Берингова моря и востоке залива Нортон (США), в бухтах Головина и Нортон сформировался припай, с преобладанием тонкого однолетнего льда. Южнее залива Нортон, вдоль побережья полуострова Аляска, в Бристольском заливе и бухте Квикач – начальные виды льда, ниласовые и молодые льды, сплоченностью от 7–8 до 9–10 баллов. В вершинах бухт и вдоль материкового побережья Аляски установился припай с преобладанием серо-белого льда.

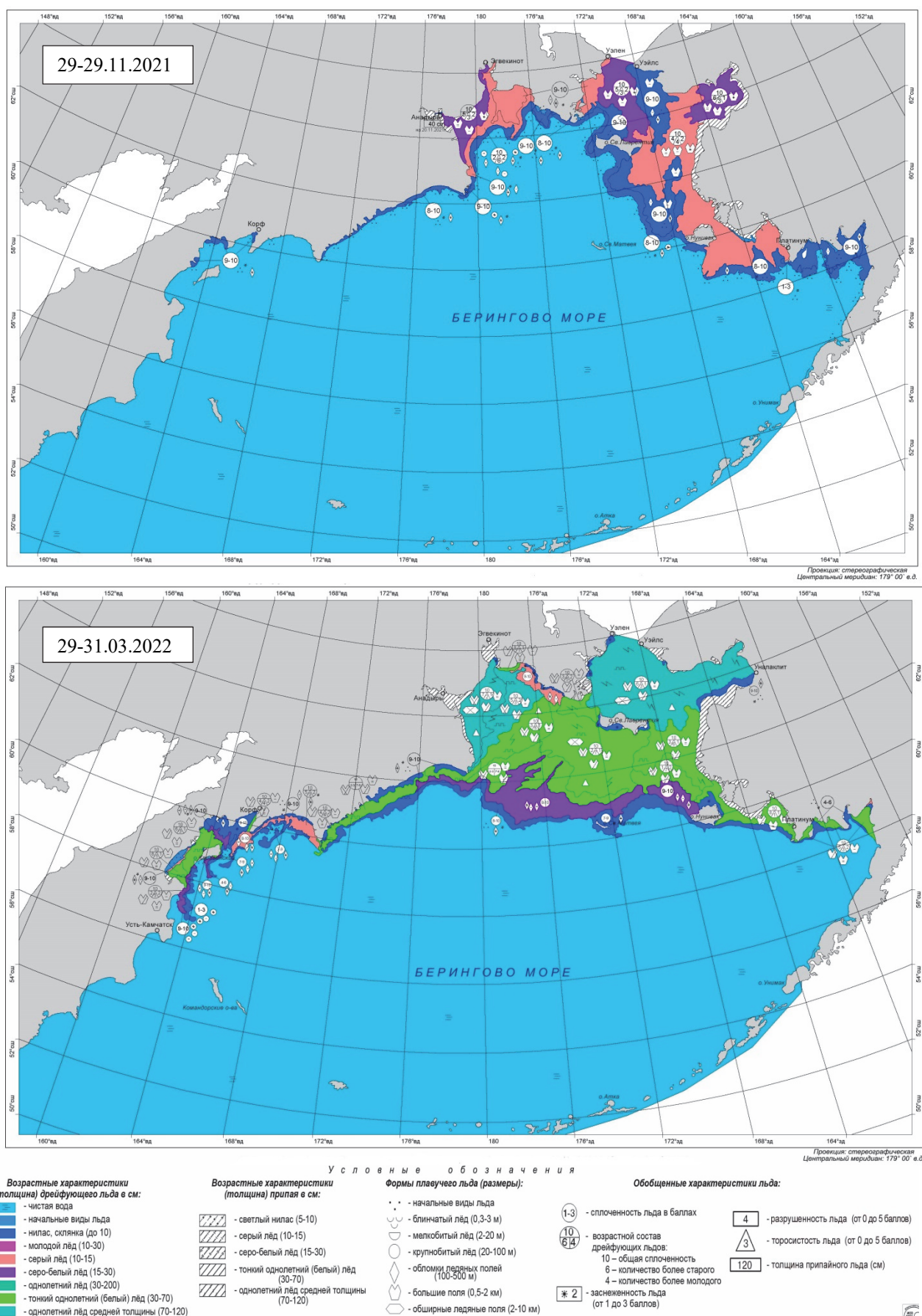


Рисунок 1 – Карты-схемы ледовой обстановки Берингова моря, составлены
ФГБУ «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета» [5]

28–30 марта 2022 г. ледовая обстановка в Беринговом море следующая.

На севере Берингова моря, от Берингова пролива до о. Св. Лаврентия наблюдалась обширная зона сплоченных, всторошенных тонких однолетних и средних льдов. Вдоль материкового побережья сохранялся припай. За припаем сформировалась полынья, покрытая ниласовыми и молодыми льдами, за полыньей – зона всторошенных, сплоченных средних, тонких однолетних и молодых льдов, сплоченностью 9–10 баллов, заснеженностью 2–3 балла.

На северо-западе Берингова моря, в заливе Креста – припай возраста среднего однолетнего. Мористее – полынья, покрытая начальными видами льда и ниласом. Под южным побережьем Чукотки – тоже полынья, заполненная сплоченными ниласовыми и молодыми льдами. За полыньей простиралась обширная зона из гигантских и обширных полей, сплоченных и очень сплоченных сильновсторошенных тонких однолетних и средних льдов.

Анадырский лиман и залив Онемен были в зоне припайного льда возраста среднего однолетнего. На западе Анадырского залива – сильновсторошенные малоподвижные средние, тонкие однолетние и молодые льды высокой сплоченности. Кромка дрейфующих молодых и ниласовых льдов в районе 180° опустилась до $61^{\circ}13' - 60^{\circ}30'$ с. ш.

На западе Берингова моря, вдоль материкового побережья, между мысами Наварин и Олюторский наблюдалась зона сплоченных наслоенных молодых и тонких однолетних льдов, с включением среднего однолетнего.

В заливах Озерной и Камчатский наблюдался вынесенный из северных районов наслоенный и всторошенный тонкий однолетний и молодой лед, сплоченностью 9–10 баллов.

На северо-востоке Берингова моря, юго-западе залива Нортон (США), и южнее, вдоль материкового побережья за припайным льдом возраста среднего однолетнего наблюдалась обширная зона ниласовых и молодых льдов. На востоке Берингова моря, на севере Бристольского залива – начальные виды льда и нилас.

На рис. 2 представлен график ледовитости Берингова моря по декадам в текущем сезоне с декабря 2021 г. по март 2022 г. включительно и климатические данные, полученные в результате усреднения средних многолетних значений ледовитости за 1971–2000 гг. [6]. В таблице приведены значения ледовитости Берингова моря в текущем сезоне и, для сравнения, климатические значения ледовитости.

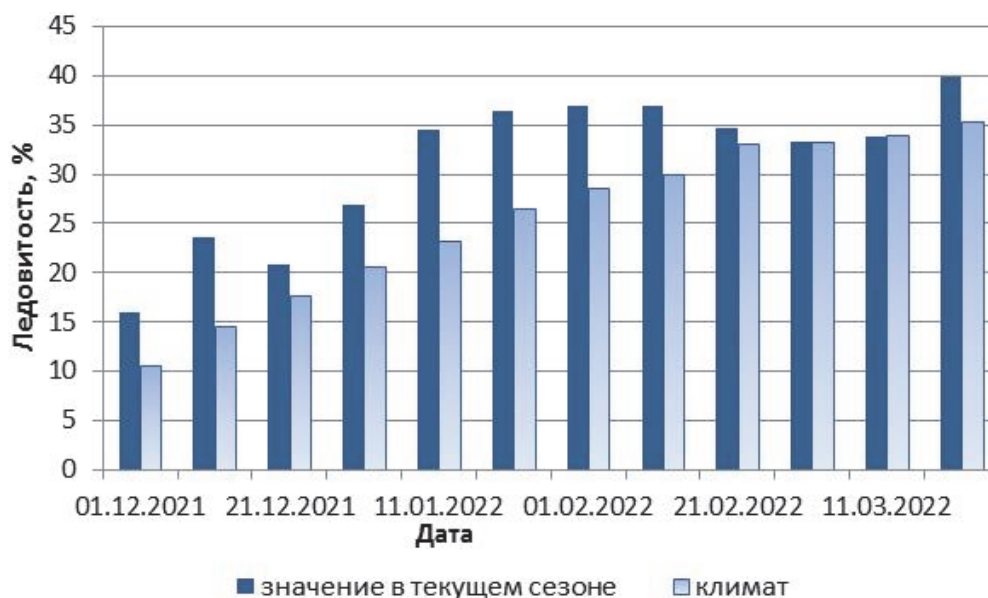


Рисунок 2 – Ледовитость Берингова моря в текущем ледовом сезоне 2021–2022 г. и климатические данные (средние многолетние за период 1971–2000 гг.)

Сравнивая декадные характеристики ледовитости Берингова моря с климатическими данными (рис. 2, таблица), можно видеть, что зимний сезон 2021–2022 гг. относится к от-

носителем суровым. Формирование ледяного покрова опережало климатические даты, а ледовитость моря превышала средние многолетние значения в среднем на 5–10 %. Распределение ледовитости в течение сезона имело двухмодальный вид. Первый максимум сформировался в первой декаде февраля, второй – в третьей декаде марта. При этом в середине сезона, в период с третьей декады февраля по третью декаду марта, площадные характеристики ледяного покрова были близки к климатическим оценкам.

Декадная ледовитость (%) Берингова моря в декабре-марте текущего сезона и климатические значения ледовитости (%), рассчитанные за период 1971–2000 гг.

Декада	Значение на начало декады	Климат	Аномалия	Стандартизованная аномалия
01.12.2021	15,9	10,7	5,2	1,0
11.12.2021	23,6	14,6	9,0	1,5
21.12.2021	20,8	17,6	3,2	0,5
01.01.2022	26,8	20,6	6,2	0,9
11.01.2022	34,5	23,2	11,3	1,7
21.01.2022	36,4	26,5	9,9	1,8
01.02.2022	36,9	28,7	8,2	1,6
11.02.2022	37,0	30,0	7,0	1,1
21.02.2022	34,6	33,1	1,5	0,2
01.03.2022	33,3	33,3	0,0	0,0
11.03.2022	33,8	34,0	-0,2	0,0
21.03.2022	39,8	35,4	4,4	0,7

Библиографический список

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. X. Берингово море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / под ред. Ф. С. Терзиева. СПб.: Гидрометеиздат, 1999. 300 с.
2. Лоция Берингова моря / Упр. нач. гидрограф. службы Военно-Морского флота. Л.: ГУНиО, 1959. 236 с.
3. Якунин Л.П. Атлас ледовитости дальневосточных морей СССР. Владивосток: ПУГМС, 1987. 80 с.
4. Плотников В.В. Изменчивость ледовых условий дальневосточных морей России и их прогноз. Владивосток: Дальнаука, 2002. 172 с.
5. Ледовые карты // Материалы ФГБУ НИЦ «Планета» [Электронный ресурс]. URL: <http://planet.iitp.ru/> (дата последнего обращения: 15 апреля 2022 г.).
6. Ежемесячный гидрометеорологический бюллетень ФГБУ «ДВНИГМИ» [Электронный ресурс]. URL: <http://ferhri.org/napravleniya-rabot/proekty/2017-07-28-00-41-16.html> (дата последнего обращения: 15 апреля 2022 г.).

Секция 2. СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

УДК 662.7

Илья Витальевич Жетю

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СМС-412, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Илья Николаевич Ханькович, старший преподаватель

Особенности эксплуатации устройств на низкосернистом топливе

Аннотация. Топливной аппаратурой является наиболее сложная и дорогостоящая часть современного судового двигателя, составляющая до 30 % его стоимости. Она оказывает существенное влияние на надежность и экономичность работы двигателя. Износ деталей трущихся сопряжений топливной аппаратуры (ТА) является одной из основных причин снижения ресурса судовых двигателей.

Ключевые слова: дистиллят, коррозия, разрушение, вязкость.

Ilya V. Zhetyu

Far Eastern State Technical Fisheries University, SMS-412, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Ilya N. Hankovich, Senior Lecturer

Features of operation of devices on low-sulfur fuel

Abstract. Fuel equipment is the most complex and expensive part of a modern marine engine, accounting for up to 30 % of its cost. It has a significant impact on the reliability and efficiency of the engine. Wear of parts of rubbing interfaces of fuel equipment (TA) is one of the main reasons for reducing the life of marine engines.

Keywords: distillate, corrosion, destruction, viscosity.

Введение

Топливной аппаратурой является наиболее сложная и дорогостоящая часть современного судового двигателя, составляющая до 30 % его стоимости. Она оказывает существенное влияние на надежность и экономичность работы двигателя. Износ деталей трущихся сопряжений топливной аппаратуры (ТА) является одной из основных причин снижения ресурса судовых двигателей.

В настоящее время наблюдается тенденция к уменьшению содержания серы в бункерных топливах для судовых двигателей с целью улучшения их экологических характеристик. В соответствии с требованиями Приложения VI Конвенции МАРПОЛ 73/78 наиболее жесткие требования выработаны для районов контроля вредных выбросов – SO_x Emission Control Areas (SECA). С 1 января 2015 г. для всех судов при заходе в зоны SECA содержание SO_x в выхлопных газах не должно превышать 0,4 г/(кВт·ч), что обеспечивается, если содержание серы в судовом дистиллятном топливе (СДТ) менее 0,1 %. География зон SECA стремительно расширяется. Сейчас они занимают около 10 % акваторий Мирового океана.

Применение низкосернистого высоковязкого остаточного топлива

Еще одним вариантом для достижения установленных норм выброса SO_x является использование тяжелых остаточных топлив с низким содержанием серы. По требованию стандартов на судовые бункерные топлива, ГОСТ Р 32510-2013, ISO 8217-2012 определяет три различных дистиллята (DM) и ряд остаточных марок (RM). А в соответствии с лимитом концентрации серы в судовых топливах, используемых в зонах контроля за выбросами SO_x (SE-CA), на рынок были выпущены марки остаточного топлива (RM) с содержанием серы менее 0,1 %. Такие типы топлива обычно называют ультранизкосернистыми топливами (ULSFO). Они не являются традиционными дистиллятами, а представляют собой смесь продуктов, получаемых на нефтеперерабатывающих заводах, которые ранее не были широко использованы для морских энергетических установок.

Типичные характеристики ТСЭ, представленные для сравнения, в своем большинстве имеют схожие показатели по классу топлив DMA. Однако некоторые из показателей не могут быть описаны спецификацией DMA. Например, вместо цетанового числа используется расчетный индекс углеводородной ароматизации (CCAI). Также мы видим несоответствие по цветности и прозрачности.

Топливо, как правило, имеет насыщенный коричневый цвет, что обусловлено технологией процессинга, а не присутствием остаточных нефтепродуктов переработки. Вязкость ТСЭ выше, чем у DMA, что является ключевым преимуществом. Более высокая вязкость обеспечивает оптимальную вязкость при впрыске и, как следствие, способствует эффективному распылу топлива в камере сгорания. При использовании DMA для создания оптимальной вязкости необходима установка охладителей топлива. Считается, что по смазывающим свойствам ТСЭ превосходит DMA, что позволяет отказаться от использования химических присадок, улучшающих данный параметр. ТСЭ имеет высокопарафинистую основу, что благоприятно отражается на воспламеняемости топлива и гарантирует эффективное сгорание и минимизирует износ рабочих поверхностей топливной системы. Однако выполненные нами исследования показали, что это не так. Их смазывающая способность хуже, чем у DMA. Температура их текучести выше, чем у дистиллятных продуктов, по этой причине топливные танки и система должны быть оборудованы обогревом.

Из анализа литературных данных следует, что при применении низко-сернистых мазутов в судовых энергетических установках может возникать ряд проблем, таких как повышенное содержание алюмосиликатов в топливе, несовместимость с другими топливами и также стрессовая коррозия. Типичные характеристики ТСЭ, представленные для сравнения в своем большинстве, имеют схожие показатели по классу топлив DMA. Однако некоторые из показателей не могут быть описаны спецификацией DMA. Например, вместо цетанового числа используется расчетный индекс углеводородной ароматизации (CCAI). Также мы видим несоответствие по цветности и прозрачности.

Проблемы совместимости возникают, когда компоненты в топливе плохо смешиваются, например, при смешивании топлива с высоким содержанием ароматических углеводородов (асфальтенов топлива HFO) с топливами алифатического (парафинового) типа (дистиллятами) или с новым видами топлива с содержанием серы 0,1 %. Асфальтены могут выпасть из суспензии, и результатом может быть огромное количество осадка в баках, фильтрах и сепараторах.

Некоторые из видов топлива могут также оказывать очищающее действие на цистерны. Шлам от остаточного топлива нарастает со временем в баках, и они могут удалять и переносить осадок. Затем осадок может быть захвачен фильтрами, расположенными ниже в системе обработки топлива.

При смешивании низкосернистого высоковязкого остаточного топлива с обычным топливом очень велик риск несовместимости

Врожденная нестабильность топлива с низким содержанием серы создает четыре критические угрозы для безопасной работы судовых двигателей, а именно – ухудшение качества воспламенения, чрезмерные отложения на двигателе, увеличение видимых выбросов

твердых частиц и значительное образование шлама загрязнением топливной системы. Снижение стабильности топлива также может привести к увеличению выбросов. Низкосернистые виды морского топлива часто образуют большое количество несгоревших углеводородов и вызывают видимые выбросы твердых частиц (непрозрачность дыма). Плохая стабильность топлив способствует образованию смолы и шлама во время хранения, а также вызывает отложения на форсунках и прогорание клапанов.

Плохая физическая стабильность может привести к проблемам с совместимостью с другими топливами, особенно при переходе от эксплуатации на тяжелом топливе к мазуту с низким содержанием серы. Поскольку некоторые морские газойли хранятся на борту судна в течение продолжительного периода времени, топлива с низкими характеристиками устойчивости будут страдать от ускоренного разложения, что приведет к снижению качества их воспламенения и ухудшению работы двигателя.

Известны случаи, когда сепаратор, особенно его дисковые тарелки, подвергаются воздействию нежелательными химикатами в мазуте, что приводит к стрессовой коррозии. Стрессовая коррозия может быть вызвана кислотами, которые не удается точно идентифицировать.

Морские сепараторы предназначены для стандартных топлив и смазочных масел. Работа с коррозионными средами может привести к серьезному повреждению сепараторов. В отдельных случаях это может вызвать поломку с риском травмы персонала и повреждением другого оборудования вблизи сепаратора. Сепараторы в соответствии с инструкцией по эксплуатации должны регулярно проверяться на наличие коррозионных воздействий. Если происходят коррозионные атаки с появлением трещин, сепаратор необходимо немедленно отключить, чтобы избежать риска поломки и опасности травмирования персонала.

Проблемы применения низкосернистых маловязких судовых дистиллятных топлив

Из анализа литературных данных следует, что при применении низкосернистых СДТ в энергетических установках может возникать ряд проблем, касающихся надежности работы топливной аппаратуры из-за снижения смазывающей способности и вязкости топлива на входе в двигатель.

Дистиллятные топлива в судовых дизелях являются смазочным материалом для движущихся деталей топливной аппаратуры. Надежная работа дизеля во многом зависит от степени износа узлов и агрегатов топливной аппаратуры. Наиболее подвержены износу прецизионные узлы ТНВД и форсунок. На поверхности трущихся пар при контакте с топливом образуется граничный слой, обладающий специфическими свойствами. Этот граничный слой выполняет функцию смазочной пленки. Он предотвращает непосредственный контакт поверхностей трения, при этом уменьшается сила трения и износ трущихся деталей.

Зависимость противоизносных свойств ДТ от содержания серы обусловлена ее способностью образовывать на поверхностях трения новые химические соединения в виде твердых пленок из оксидов и сульфидов металла. Эти твердые пленки играют огромную роль в процессах трения и износа – увеличивают износостойкость и уменьшают силу трения. В обессеренных ДТ по мере увеличения глубины очистки происходит изменение не только количества, но и состава сернистых соединений. В первую очередь удаляются сернистые соединения с наибольшей реакционной способностью (сульфиды), а остаются относительно стабильные вещества, в основном тиофены. Бензо- и дибензтиофены обладают недостаточной хемосорбционной активностью для образования поверхностных пленок, препятствующих износу металла. Удаление соединения серы в процессе производства малосернистых дизельных топлив приведет к ухудшению их противоизносных свойств.

Анализ возможности улучшения противоизносных свойств низкосернистых судовых дистиллятных топлив

Существует ряд способов для регулирования противоизносных свойств топлив в соответствии с современными требованиями. Первый – это применение специальных противо-

износных присадок. Другим является улучшение триботехнических характеристик топлив за счет добавления в ДТ масла растительного происхождения (рапсовое, соевое, подсолнечное, пальмовое и др.), биотоплива или минерального масла в определенных соотношениях 1 : 200.

Заключение

1. Как показывает мировой опыт, применение НМДТ вызывает интенсификацию изнашивания прецизионных пар топливной аппаратуры из-за снижения смазывающей способности топлива.

2. В настоящее время не существует единого мнения о воздействии различных физико-химических показателей НМДТ на его триботехнические свойства. Анализ литературных данных показывает, что до настоящего времени еще не выработано единой методики оценки комплексного воздействия параметров НМДТ на ресурсные показатели прецизионных пар топливной аппаратуры.

Согласно проведенному анализу можно сделать вывод, что низкосернистое топливо не используется, так как быстро изнашиваются детали судовых устройств, что в дальнейшем может привести к большим капиталовложениям по ремонту.

Библиографический список

1. Живлюк, Г.Е. Техническое обеспечение для соответствия судовых энергетических установок новым требованиям 2021 г. по выбросам оксидов азота / Г.Е. Живлюк, А.П. Петров // Вестн. гос. ун-та морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2020. Т. 12, № 1. С. 122–138. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-1-122-138.

2. Пьяе П.А. Анализ способов снижения содержания соединений серы в выпускных газах судовых двигателей // Вестн. гос. ун-та морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2018. Т. 10, № 4. С. 793–803. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4- 793-803.

3. Живлюк, Г.Е. Экологическая безопасность судовых ДВС. Выбор эффективного способа соответствия новым требованиям 2020 г. по выбросам серы / Г.Е. Живлюк, А.П. Петров // Вестн. гос. ун-та морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2019. Т. 11, № 4. С. 727–744. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-727-744.

Кирилл Павлович Теплов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СМС-412, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Рафаиль Равильевич Симашов, канд. техн. наук, доцент

**Анализ способов снижения концентрации вредных веществ
в выпускных газах судовых дизелей**

Аннотация. В связи с ужесточением стандартов по экологическому соответствию, а именно стандарта TIER III, рассмотрены такие способы соответствия, как скрубберы, а также анализируется применение альтернативных видов топлива. Рассмотрен метод электронного управления. Идеальный универсальный путь решения проблемы не найден, каждый случай требует отдельной проработки.

Ключевые слова: окислы серы, скруббер, альтернативные виды топлива, экологические нормы.

Kirill P. Teplov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SMS-412, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Rafail R. Simashov, PhD, Associate Professor

**Analysis of ways to reduce the concentration of harmful substances
in the exhaust gases of marine diesel engines**

Abstract. In connection with the tightening of environmental compliance standards, namely the TIER III standard, this paper considers such compliance methods as scrubbers, as well as analyzes the use of alternative fuels. The method of electronic control is considered. It is shown that at the present time, the ideal universal way to solve the problem has not been found, each case requires a separate study.

Keywords: sulfur oxides, scrubber, alternative fuels, environmental standards.

Введение

В Международной судоходной отрасли происходит постоянное ужесточение нормативно-правовой базы на ограничения выбросов в атмосферу.

Содержание серы в любом жидком топливе, используемом на судах в зонах SECA (Emission Control Area), не должно превышать следующих пределов:

4,50 % по массе до 1 января 2012 г.;

3,50 % по массе 1 января 2012 г. и после этой даты;

0,50 % по массе 1 января 2020 г. и после этой даты.

На карте также показаны некоторые порты, в которых контроль за серой в топливе ужесточен до 0,1 % в топливе, в связи с чем в работе рассмотрены следующие способы соответствия стандарту TIER III:

Способы снижения содержания серы в отработавших газах СЭУ

Доступные в настоящее время способы снижения выбросов (NO_x, SO_x, твёрдых частиц, HC, сажи, CO, CO₂):

тарелки очищенные газы поднимаются вверх и уходят в атмосферу через демистер, размещенный в верхней части скруббера. На демистере жидкости отделяются от газов, и в атмосферу уходят только сухие чистые газы. Отработанные воды с шламом собираются в нижней части скруббера и затем отводятся из его корпуса, направляясь в блок очистки 2, где шлам отделяется от отработанных вод. Шлам сохраняется в танке 3, а очищенные воды циркулируют для повторного использования.

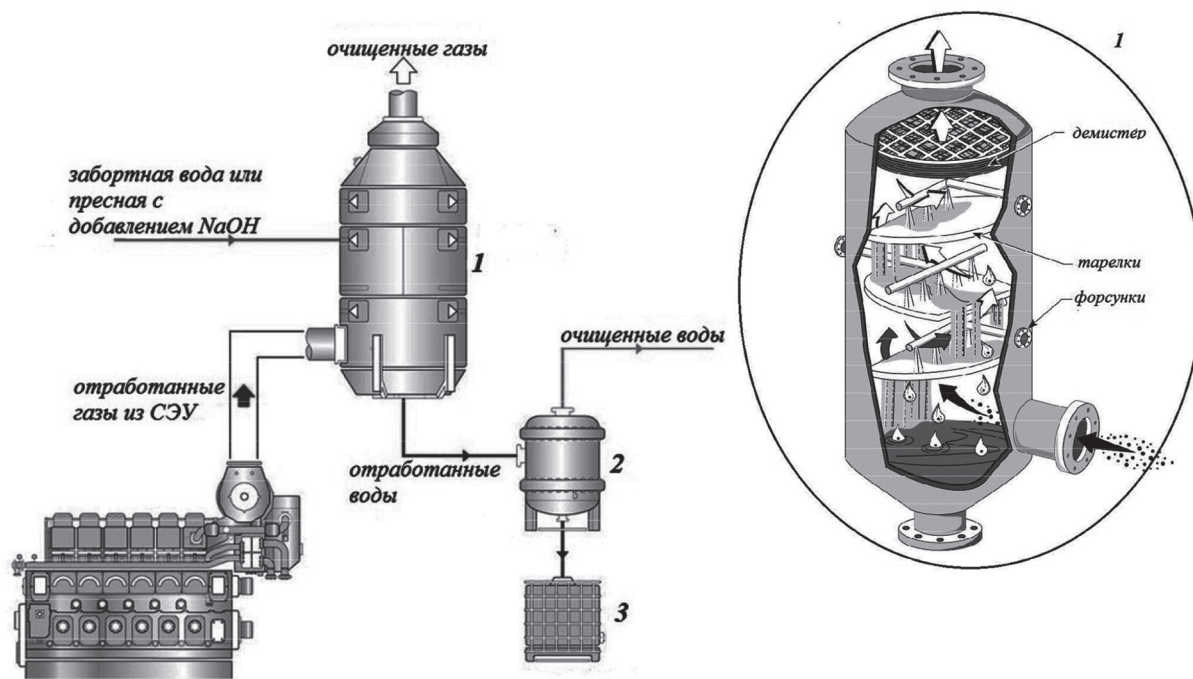


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы скруббера: 1 – корпус очистки газов; 2 – блок очистки отработанных вод; 3 – шламовый танк

В зависимости от уровня щелочности воды в районах эксплуатации судов используют различные системы нейтрализации отработавших газов, а именно: скрубберы с замкнутым циклом на пресной воде и дополнительном раствором NaOH, скрубберы с открытым циклом на морской воде, скрубберы с гибридным циклом различного исполнения, рис. 2.

При применении дополнительных систем СЭУ для нейтрализации отработавших газов с использованием скрубберов можно использовать традиционный дешевый высокосернистый мазут для работы СЭУ. В этом случае инфраструктура бункеровки судов не нуждается в изменении, однако большой вес и объем скруббера, необходимость цистерны для сбора и хранения результатов очистки, а также необходимость выброса отработанного раствора солей за борт являются главными недостатками применения системы нейтрализации отработавших газов с использованием скрубберов.

Использование в качестве моторного топлива альтернативных видов топлива, соответствующих стандарту IMO Tier III

Метанол.

Использование в качестве моторного топлива метанола CH_3OH отвечает экологическим требованиям IMO Tier III. Метанол потенциально дешевле традиционных видов топлива, а также более распространён. Однако при этом имеются некоторые недостатки. Основным недостатком использования метанола в качестве моторного топлива СЭУ является его более низкая температура вспышки (8°C) и более короткое время сгорания. Это не только связано с его взрывоопасностью, но и способствует увеличению содержания NO_x . Кроме того, до сих пор использование метанола для работы СЭУ находится только на стадии испытаний. В мировой практике отсутствует опыт эксплуатации судов, работающих на метаноле.

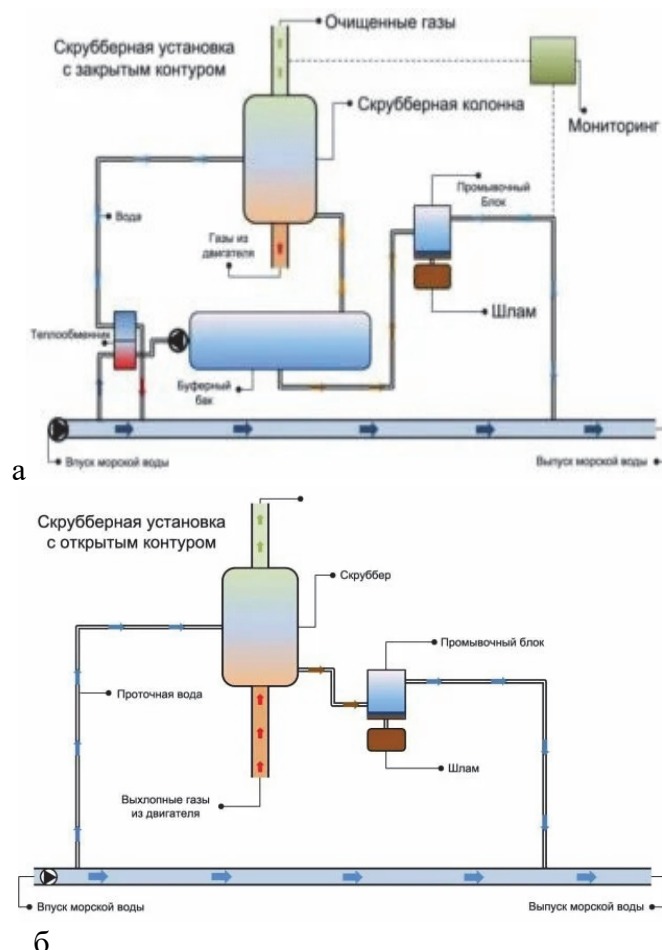


Рисунок 2 – Принципиальная схема скруббера с закрытым контуром (а) и скруббера с открытым контуром (б)

Диметилэфир (ДМЭ).

Основным достоинством применения ДМЭ C_2H_6O в качестве топлива СЭУ является его высокая экологичность. Однако теплота сгорания ДМЭ ниже аналогичного показателя традиционного дизельного топлива в 1,6 раза, и такое топливо потенциально в 1,5 раза дороже традиционного дизельного топлива. Из-за низкой температуры вспышки применение данного топлива возможно только в виде добавок. Максимально возможная концентрация ДМЭ в дизельном топливе по этой причине составляет 0,7 %.

Водотопливная эмульсия (ВТЭ).

В результате проведенных опытов использования ВТЭ в двигателях внутреннего сгорания различного назначения и котельных установках определен состав трехкомпонентной водотопливной эмульсии, отвечающий следующим требованиям: дизельное топливо – 37,5 %, мазут Ф-5 – 32,5 %, вода – 30 %. Использование ВТЭ обеспечивает экономию топлива около 3 % при значительном улучшении экологических характеристик продуктов сгорания и снижении нагарообразования. Однако следует отметить, что при применении ВТЭ в качестве моторного топлива не обеспечивается соблюдение требований IMO Tier III. При использовании ВТЭ содержание серы в отработанных газах будет находиться на уровне чистого дизельного топлива.

Малосернистое дизельное топлива (марингазойль – MGO).

Основным достоинством применения MGO в качестве топлива СЭУ является отсутствие требования в дополнительных системах СЭУ. Не требуется также модернизация систем существующей энергетической установки. Недостаток применения MGO в качестве топлива СЭУ состоит в том, что только некоторые нефтеперерабатывающие заводы Российской Федерации способны производить данный вид топлива и, следовательно, его сто-

имость чрезвычайно высока по сравнению с другими видами топлива – приблизительно 850–900 долларо за тонну.

Пропан и бутан.

Проводя многочисленные испытания, следует отметить, что применение такого газового топлива, как метан, пропан и бутан в качестве моторного топлива для работы СЭУ обеспечивает соответствие требованиям IMO Tier III. Пропан и бутан – это углеводородные газы и их можно найти в сочетании с другими углеводородами. Газы пропан (C_3H_8) и бутан (C_4H_{10}) получаются при переработке природного газа и нефти. Пропан и бутан – это побочные продукты сжижения природного газа, и почти 60 % от всего количества пропана получается в результате переработки необработанного природного газа. Остальные 40 % извлекают при перегонке сырой нефти.

Основными достоинствами применения пропана и бутана в качестве моторного топлива СЭУ являются их компоненты, которые обеспечивают не только уменьшение вредных выбросов выхлопных газов, но и увеличенную смазку и срок службы двигателя; они могут быть сжижены при умеренном давлении и нормальной температуре (температура кипения пропана $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ и бутана $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Пропан и бутан легко хранятся в емкостях под умеренным давлением благодаря своей простоте и безопасности, при этом упрощается бункеровка судов и облегчается хранение топлива в запасных танках.

Существенными недостатками применения пропана и бутана в качестве топлива СЭУ являются: высокая стоимость по сравнению с другими альтернативными топливами (приблизительно 700–800 долл./т); топливную систему и систему хранения таких газов необходимо модернизировать, и следовательно, возрастает стоимость переоборудования систем СЭУ; в настоящее время снабжение пропаном и бутаном в портах не распространено.

Сжиженный природный газ (СПГ).

Применение СПГ для работы СЭУ является одним из перспективных способов снижения вредных выбросов в соответствии с требованиями IMO Tier III. Использование СПГ в качестве моторного топлива СЭУ позволяет полностью исключить выбросы серы, сократить выбросы оксидов азота на 90 % и снизить выбросы диоксида углерода на 30 %, а также сократить выброс твердых частиц. Основным компонентом СПГ является метан (CH_4). Фирмы-производители двигателей MANB&W, Wärtsilä изготавливают двухтопливные судовые двигатели, в состав моторного топлива которых входят СПГ (90–99 %) и дизельное топливо (1–10 %) как запальное. Дополнительным достоинством при переводе СЭУ на СПГ является его меньшая стоимость по сравнению с другими альтернативными видами топлива – около 400 долл./т. Кроме того, использование СПГ в России обеспечит получение еще большей прибыли, так как внутренняя цена на газ в России в 3,2 раза меньше, чем его цена на рынке Европы. Однако при этом имеются и явные недостатки: необходимость создания более сложной инфраструктуры, обеспечивающей снабжение потребителей, – отсутствие развитой системы бункеровки судов СПГ и высокие требования законодательства Российской Федерации к местам расположения емкостей хранения СПГ.

При переводе СЭУ на газовое топливо необходимо модернизировать систему хранения запаса топлива и снабжения. На судне требуются специальные запасные танки хранения СПГ, обеспечивающие мощную тепловую защиту от воздействия внешней среды. В таких запасных танках СПГ наливается и сохраняется в виде криогенной жидкости при температуре $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом следует отметить, что такие танки не могут полностью защитить от повышения температуры СПГ из-за воздействия внешней среды. Следовательно, криогенные жидкости СПГ от 0,15 % до 0,18 % от вместимости танков в сутки преобразуются в газообразную фазу. Образующиеся газы постоянно откачиваются и далее через компрессор низкого давления (0,4–0,7 МПа) направляются к газовым двигателям.

В случае если потребляемый расход газа для двигателей становится меньше, чем расход образующегося в танках газа, то необходимо сохранить избыточные газы в резервуарах высокого давления (25 МПа). Значит, на судне нужно установить резервуары с необходимым объемом. В противном случае, если количества образующегося в танках газа не-

достаточно для обеспечения расхода газовых двигателей, на судне требуется регазификатор для преобразования СПГ в газообразную фазу. Кроме того, СПГ взрывоопасен, поэтому при его использовании, во избежание протечки, требуется надежная процедура передачи топлива к СЭУ. По этой причине в топливной системе необходимо использовать трубопроводы с двойной стеной.

Таким образом, поскольку система использования и хранения СПГ является сложной, стоимость переоборудования судовых силовых установок на СПГ значительно возрастает, рис. 3.

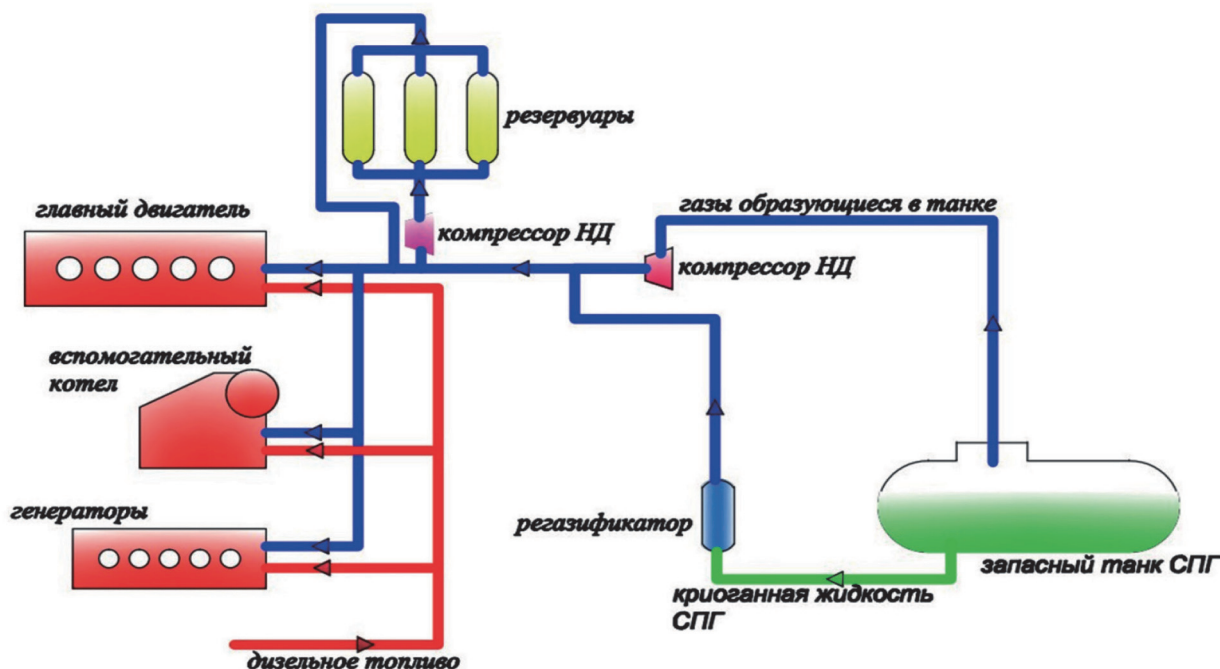


Рисунок 3 – Схема снабжения газовым топливом для работы СЭУ

В таблице представлены сравнительные характеристики СПГ и стандартного дизельного топлива. Как видно из таблицы, исходя из умножения низшей теплоты сгорания и плотности, можно отметить, что за единицу измерения энергии (джоуль), затрачиваемой двигателем в танках запаса топлива, необходимо иметь СПГ большего объема, чем традиционного дизельного топлива. Значит, при переводе СЭУ на газовое топливо СПГ из традиционного дизельного суммарный объем танков запаса топлива увеличивается приблизительно в 1,8 раза. Так как определяющим фактором является грузовместимость, эффективность перевозок грузов будет снижена.

Тем не менее, по мнению ряда специалистов, при подготовке к введению стандарта IMO Tier III в 2020 г. из ранее указанных альтернативных видов топлива применение СПГ в качестве моторного является наиболее перспективным видом топлива.

Характеристики сжиженного природного газа и дизельного топлива

Сравнительные характеристики	СПГ (в жидком состоянии)	ДТ
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	50300	42700
Плотность, кг/м ³	400	863

Электронное управление

Применение электронного управления двигателями открывает новые возможности в совершенствовании процессов сгорания, тем самым повысить экологичность, экономичность и надёжность.

Оптимизация моментов подачи топлива.

Оптимизация моментов подачи топлива решается программой, заложенной в электронный блок и получающей сигналы от датчиков числа оборотов, нагрузки (положения топливной рукоятки), давления наддува, температуры топлива. В соответствии с величинами перечисленных сигналов программа вычисляет оптимальные для данного режима значения начала и конца подачи топлива и подаёт ток на соленоиды насос-форсунок, перемещающие управляющие клапаны в положения – подача или отсечка.

Насос-форсунка.

Когда управляющий клапан находится в нижнем положении, он сообщает полость под плунжером через канал с отсечкой и даже при движении плунжера вниз (ход нагнетания), давление под ним не будет расти. Последнее начнёт подниматься лишь после того, как включение соленоида потянет клапан вверх и посадит его на седло, полость под плунжером будет разобщена с отсечкой. Когда давление под плунжером, а следовательно, и под иглой достигнет 350 бар, начнётся впрыск топлива в цилиндр. Конец подачи происходит в момент прекращения подачи тока на соленоид. Клапан под действием пружины опускается вниз и сообщает полость нагнетания с отсечкой.

Диагностика.

С помощью подключаемого к микропроцессору компьютера и заложенной в него программы по известным кодам осуществляется диагностика двигателя. В качестве компьютера обычно используется ноутбук, для него разработана программа, позволяющая при подключении не только собирать информацию о работе двигателя за предыдущий период его эксплуатации, но диагностировать его техническое состояние.

Недавние достижения в области двигателя МЕ с электронным управлением показали, что уникальная возможность изменения скорости двигателей МЕ позволяет снизить выбросы NOx без какого-либо или очень незначительного влияния на эффективность использования топлива. Таким образом, ожидаемые ограничения уровня NOx Уровня II будут удовлетворяться внутренними методами двигателя. Для типов двигателей МЕ / МЕ-С модификация, в основном, заключается в корректировке программирования электронного впрыска мазута. Для тестирования насосов-форсунок программа в автоматическом режиме поочерёдно отключает цилиндры и по увеличению подачи топлива на работающих цилиндрах определяется, какую часть нагрузки он брал на себя. Очень важным достижением фирмы является тот факт, что в новой модели двигателя серии С-9 с гидроприводом насосов-форсунок на компьютер выдаётся усреднённая для данного режима величина цикловой подачи топлива каждой форсунки.

Поскольку давление впрыска в этих форсунках находится в прямой зависимости от давления гидромасла, то фиксирование микропроцессором этих давлений и фаз подачи на коротком отрезке времени позволяет подсчитать давления и продолжительность впрыска, и по ним и известной величине эффективного сечения сопловых отверстий определить среднюю величину цикловой подачи.

Сопоставление подач по всем цилиндрам позволяет оценить работу каждой насос-форсунки.

Заключение

Рассмотренные в работе способы имеют свои достоинства и недостатки и однозначно выявить наиболее эффективный из них на данный момент времени не представляется возможным.

Применение того или иного метода снижения вредных выбросов или их совокупности требует учета индивидуальных особенностей в каждом конкретном случае.

Библиографический список

1. Живлюк, Г.Е. Техническое обеспечение для соответствия судовых энергетических установок новым требованиям 2021 г. по выбросам оксидов азота / Г.Е. Живлюк,

А.П. Петров // Вестн. гос. ун-та морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2020. Т. 12, № 1. С. 122–138. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-1-122-138.

2. Пьяе П.А. Анализ способов снижения содержания соединений серы в выпускных газах судовых двигателей // Вестн. гос. ун-та морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2018. Т. 10, № 4. С. 793–803. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4- 793-803.

3. Живлюк, Г.Е. Экологическая безопасность судовых ДВС. Выбор эффективного способа соответствия новым требованиям 2020 г. по выбросам серы / Г.Е. Живлюк, А.П. Петров // Вестн. гос. ун-та морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2019. Т. 11, № 4. С. 727–744. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-727-744.

Данила Витальевич Швец

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СМс-412, Россия, Владивосток, e-mail: wvvpzz@yandex.ru

Научный руководитель – Сергей Валентинович Чехранов, профессор

Перспективы применения маломощных высокоскоростных турбоприводов

Аннотация. Как в стационарной энергетике, так и в судовой широко применяются паровые и газовые турбины малой мощности. Как правило, это вспомогательные турбины для привода насосов, вентиляторов, маломощных электрогенераторов и т.п. В некоторых случаях маломощные турбины используются как главные двигатели, например, в необитаемых подводных аппаратах. Парциальные турбины широко используются и в качестве приводов пневмошлифовальных машин.

Ключевые слова: маломощные высокоскоростные турбоприводы.

Danila V. Shvets

Far Eastern State Technical Fisheries University, SMs-412, Russia, Vladivostok, e-mail: wvvpzz@yandex.ru

Scientific adviser – Sergey V. Chehranov, Professor

Prospects for the use of low-power high-speed turbo drives

Abstract. Low-power steam and gas turbines are widely used in both stationary and marine power engineering. As a rule, these are auxiliary turbines for driving pumps, fans, low-power generators, etc. In some cases, low-power turbines are used as main engines, for example, in uninhabited underwater vehicles. Partial turbines are also widely used as drives for pneumatic grinding machines.

Keywords: low-power high-speed turbo drives.

Маломощные турбины конструкции ЛПИ

В маломощных турбинах расход рабочего тела небольшой, поэтому с целью сохранения оптимальных геометрических параметров, таких как углов установки сопел в пределах от 12 до 26 градусов и оптимального относительного шага рабочих лопаток активных ступеней от 0,55 до 0,65 турбины выполняют парциальными.

В парциальных ступенях впуск газа к рабочему колесу происходит только на части его окружности. При оптимальных геометрических параметрах эта особенность конструкции приводит к появлению так называемых потерь энергии от парциальности. Наибольшую долю в потерях от парциальности занимают потери на вентиляцию. Причем, при малой степени парциальности эти потери могут достигать очень больших значений. Низкий КПД парциальных турбин с малой степенью парциальности существенно ограничивает область применения таких турбин. Именно поэтому появляются все новые конструкции маломощных турбин с новыми качествами, позволяющими повысить коэффициент полезного действия.

Длина активной дуги парциальной турбины определяется суммарной длиной косога среза сопел $l_{кс}$, участвующих в подводе рабочего тела к рабочему колесу. И.И. Кириллов

предложил уменьшить угол установки сопел без изменения размеров самого сопла. Если геометрический угол установки сопла α_{12} сделать равным 4–5 градусам, то длину активной дуги, а значит, и степень парциальности можно значительно увеличить, вплоть до максимума. В технической литературе эти турбины известны как турбины конструкции ЛПИ.

Другой особенностью таких турбин является то, что при малом угле выхода потока из сопел угол поворота потока в рабочем колесе приходится выполнять очень большим, вплоть до 167 градусов. При этом относительный шаг лопаток рабочего колеса становится равным от 1,0 до 2,5. Такие особенности турбин конструкции ЛПИ устраняют потери от парциальности, но создают новые потери от неоптимальности геометрических параметров ступени. В настоящее время ведутся активные исследования таких турбин, и в осевых ступенях уже достигнут эффективный КПД 60.

Анализ областей применения маломощных турбин

Такие турбины нашли широкое применение в автомобильном транспорте, подводных аппаратах, ручных пневматических инструментах, приводах насосов, на предприятиях, где недопустимо искрообразование и требуется высокая надежность. Непосредственно за счёт своих неоспоримых плюсов:

- малый расход газа, из-за требуемой малой мощности;
- имеют большой крутящий момент благодаря сильной изогнутости профиля, так важный для буровых работ и ручных пневмоинструментов;
- обладают большей износостойкостью – сильно вытянутые лопатки долго изнашиваются, при работе с сильным эрозионным износом (при большой влажности, пыли или наличии абразива);
- из-за малого угла входа в рабочее колесо можно существенно уменьшить парциальные потери на вентиляцию путем увеличения активной дуги рабочих лопаток.

Применение одноступенчатых турбин ЛПИ

Перспективным способом получения энергии будет применение установок автономного энергоснабжения газораспределительных пунктов. К конечному потребителю газ поступает более низкого давления (до 0,3–0,6 МПа), чем в магистрали (5,5–7,5 МПа), теряя при этом очень много потенциальной энергии. Этот перепад давлений можно сбрасывать в турбинах малой мощности и получать дополнительную энергию, которая пойдет на общие нужды газораспределительного пункта или служить аварийным источником питания на случай ЧП.

Привод насоса

Турбины конструкции ЛПИ могут служить приводами для питательных, пожарных, перекачивающих насосов. За счет своей надежности и потребляемой малой мощности. Они являются более выгодным, чем привычный электропривод, благодаря снижению потребления электроэнергии, так как увеличивается выдача мощности генератора в сеть; более экономичному регулированию производительности питательного насоса; изменению числа оборотов ротора турбопривода.

Утилизация свалочного газа

Разложение мусора на свалках выделяет значительное количество метана, который раньше никак не использовался. Этот газ может служить топливом для неприхотливых турбин ЛПИ и вырабатывать дополнительную электроэнергию, обеспечивая множество домов и предприятий. Использование маломощных турбин позволит унизить общее количество выбросов в атмосферу, по сравнению с обычным сжиганием метана на факеле, сохраняя окружающую среду.

Заключение

Маломощные турбины конструкции ЛПИ определенно являются перспективным проектом для инвестиций и будущих разработок благодаря своим неоспоримым плюсам и инновационным технологиям. Уже сейчас они находят свою нишу и являются высоко востребованными в отрасли малой энергетике.

Библиографический список

1. Григорьев В.А. Анализ состояния проблемы повышения эффективности турбоприводов сверхмалой мощности и пути ее решения / В.А. Григорьев, Д.С. Калабухов, В.М. Радько, Н.Ф. Мусаткин // Авиационно-космическая техника и технология. 2010. № 7(74). С. 168–172.
2. Разработка и создание автономных энергетических установок малой мощности с расширительной турбиной на базе турбин конструкции ЛПИ для магистральных газопроводов и газораспределительных станций.
3. Забелин Н.А., Котлов Д.А., Рассохин В.А., Фокин Г.А. Малорасходная турбина в установках для автономного энергоснабжения газораспределительных пунктов.
4. Гринман М.И., Елифанов А.А. Проектирование турбоприводов питательных насосов на базе малорасходных турбин Ленинградского политехнического института.
5. Чехранов С.В., Симашов Р.Р. Влияние вращающегося соплового аппарата на характеристики осевых малорасходных турбин // Морские интеллектуальные технологии. 2021. Т. 1, № 4. С. 91–94.

Александр Ильич Шпрын

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СМс-412, Россия, Владивосток, e-mail: shpryn2000@gmail.com

Научный руководитель – Сергей Валентинович Чехранов, профессор

Перспективы применения малорасходной биротативной турбины с большим относительным шагом лопаток

Аннотация. Турбины малой мощности широко используются в судовой и береговой энергетике как в качестве вспомогательных, так и в качестве главных двигателей. Отличительной особенностью таких турбин является малый расход рабочего тела. Поэтому их называют малорасходными (МРТ). В зависимости от рода рабочего тела турбины делят на паровые и газовые. Причем к паровым относят любые турбины, использующие рабочие тела, испытывающие фазовые превращения в тепловом цикле.

Ключевые слова: малорасходная биротативная турбина.

Aleksandr I. Shpryn

Far Eastern State Technical Fisheries University, SMs-412, Russia, Vladivostok, e-mail:
shpryn2000@gmail.com

Scientific adviser – Sergey V. Chehranov, Professor

Prospects for the use of a low-flow birotational turbine with a large relative pitch of the blades

Abstract. Small power turbines are widely used in ship and onshore power generation both as auxiliary and main engines. A distinctive feature of such turbines is the low consumption of the working fluid. Therefore, they are called low-cost. Depending on the type of working fluid, turbines are divided into steam and gas turbines. Moreover, steam turbines include any turbines that use working fluids that experience phase transformations in the thermal cycle.

Keywords: low-flow birotational turbine.

Введение

Турбины малой мощности широко используются в судовой и береговой энергетике как в качестве вспомогательных, так и в качестве главных двигателей. Отличительной особенностью таких турбин является малый расход рабочего тела. Поэтому их называют малорасходными (МРТ). В зависимости от рода рабочего тела турбины делят на паровые и газовые. Причем к паровым относят любые турбины, использующие рабочие тела, испытывающие фазовые превращения в тепловом цикле.

Малорасходные турбины чаще всего приходится выполнять парциальными, т.е. с неполным впуском рабочего тела на рабочее колесо. Подвод рабочего тела к рабочему колесу осуществляется через небольшое количество сопел, образующих активную дугу впуска. Отношение длины этой дуги к длине окружности рабочего колеса на среднем диаметре принято называть степенью парциальности. Поскольку неактивная дуга рабочего колеса является источником потерь энергии от парциальности, то увеличение степени парциаль-

ности в МРТ является актуальной задачей современного проектирования турбин. И одним из таких решений считается предложение И.И. Кириллова об уменьшении угла установки сопел с целью увеличения длины косога среза сопла и увеличения тем самым степени парциальности без изменения расхода рабочего тела и диаметра турбины. В технической литературе эти турбины известны как турбины конструкции ЛПИ.

Активно-реактивная биротативная турбина ЛПИ

Активно-реактивная биротативная турбина конструкции ЛПИ имеет множество преимуществ по сравнению с обычными активными турбинами. Самыми большими преимуществами является компактность и наличие двух валов. Биротативная турбина ЛПИ – это турбина, имеющая совмещенную конструкцию на базах биротативной турбины и турбины конструкции ЛПИ.

Турбины конструкции ЛПИ

Турбины ЛПИ имеют отличительные свойства, а именно:

- малые углы выхода потока из сопла: не менее 3 и не более 9 градусов;
- большие углы поворота потока в рабочем колесе: от 160 до 170 градусов;
- малые углы входа в рабочее колесо: от 6 до 14 градусов;
- малое количество сопел и рабочих лопаток;
- большой относительный шаг рабочих лопаток $\frac{t}{b}$ от 1 до 2,5.

Большие углы поворота в рабочем колесе обеспечивают более полное срабатывание теплоперепада, что в свою очередь уменьшает потери с выходной скоростью, а значит, увеличивает коэффициент полезного действия, а также обеспечивает высокий крутящий момент.

Малое количество лопаток обеспечивает упрощение и удешевление производства рабочего колеса, а также профиль лопатки обеспечивает высокую износостойкость.

Биротативные турбины

Биротативная турбина – это двухступенчатая турбина, имеющая два независимых ротора. Рабочее колесо одной ступени вращается в противоположном направлении относительно рабочего колеса другой ступени этой турбины. Конструктивно биротативные турбины бывают с неподвижными соплами и двумя рабочими колесами, вращающимися в разные стороны, а могут использовать в качестве первой ступени вращающийся сопловый аппарат.

Биротативная турбина имеет преимущество в виде того, что не происходит потерь в поворотных направляющих аппаратах, а также, что в энергетической установке можно не ставить дополнительные передачи механической энергии, потому что имеется два выходящих из турбины вала.

Конструкция активно-реактивной турбины ЛПИ

Вращающийся сопловый аппарат в биротативной турбине играет роль ступени и работает по принципу Сегнерова колеса. Он имеет полый вал для подачи рабочего тела в сопла. Вращающийся сопловый аппарат, помимо преимущества в виде компактности турбины, придает ей свойство многорежимности, т.е. способности сохранять уровень КПД в достаточно широком диапазоне изменения нагрузки.

Работа колеса первой ступени определяются по формуле

$$L_{uI} = u_I(\omega_{0uI} - \omega_{1uI}) = u_I \Delta \omega_{uI}.$$

Работа колеса второй ступени – по формуле

$$L_{uII} = u_{II}(\omega_{1uII} - \omega_{2uII}) = u_{II} \Delta \omega_{uII}.$$

В целом можно отметить, что биротативная турбина конструкции ЛПИ имеет следующие отличительные особенности:

- вращающийся сопловой аппарат в виде рабочего колеса на первом валу;
- рабочее колесо с большим шагом лопаток на втором валу;
- угол выхода потока из сопла, равный 4 градусам;
- поворот потока в рабочем колесе равный 167 градусам;
- равное сечение в межлопаточном пространстве рабочего колеса;
- малое количество лопаток рабочего колеса.

Преимущества такой конструкции заключается в том, что турбопривод включает в себя вращающийся сопловой аппарат с малым углом выхода потока, благодаря которому небольшое количество сопел может обеспечить турбине степень парциальности, равную единице. А также ВСА позволяет турбине при разных нагрузках иметь КПД в зоне значений, близких к оптимальным. Кроме того, у такой турбины два вала, а значит, что не требуется помощи от механических передач энергии и т.п. делать привод нескольких устройств, что в свою очередь прибавляет компактность в конечной энергетической установке. Увеличение КПД происходит за счет того, что турбина не имеет промежуточных элементов, создающих дополнительные потери энергии.

Заключение

Малорасходная биротативная турбина ЛПИ имеет наилучшее соотношение мощности к компактности среди малорасходных турбин, поэтому данная турбина может иметь широкий спектр применения как на суше, так и в море.

Библиографический список

1. Григорьев, В.А. Анализ состояния проблемы повышения эффективности турбоприводов сверхмалой мощности и пути ее решения / В.А. Григорьев, Д.С. Калабухов, В.М. Радько, Н.Ф. Мусаткин // *Авиационно-космическая техника и технология*. 2010. № 7(74). С. 168–172.
2. Забелин Н.А., Котлов Д.А., Рассохин В.А., Фокин Г.А. Малорасходная турбина в установках для автономного энергоснабжения газораспределительных пунктов.
3. Гринман М.И., Епифанов А.А. Проектирование турбоприводов питательных насосов на базе малорасходных турбин Ленинградского политехнического института.
4. Чехранов С.В., Симашов Р.Р. Влияние вращающегося соплового аппарата на характеристики осевых малорасходных турбин // *Морские интеллектуальные технологии*. 2021. Т. 1, № 4. С. 91–94.

Секция 3. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.3

Амирбек Акмалович Бакиев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНб-312, Россия, Владивосток, e-mail: bakiev_amirbek_99@mail.ru

Евгений Алексеевич Нос

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНб-312, Россия, Владивосток, e-mail: Derfer228io@gmail.com

Научный руководитель – Елена Петровна Матафонова, канд. техн. наук, доцент

Автоматизация систем внешнего освещения зданий рыбохозяйственной промышленности

Аннотация. Комфортное освещение – одно из важнейших условий продуктивного и безопасного труда. Кроме того, своевременное включение и отключение света существенно снижает расходы на эксплуатацию здания или сооружения. Автоматизация внешнего освещения позволяет обеспечить оптимальный режим работы осветительной сети в течение суток.

Ключевые слова: освещение, автоматизация, ШУНО, светодиод.

Amirbek A. Bakiev

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-312, Russia, Vladivostok, e-mail: bakiev_amirbek_99@mail.ru

Evgeniy A. Nos

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-312, Russia, Vladivostok, e-mail: Derfer228io@gmail.com

Scientific adviser – Elena P. Matafonova, PhD, Associate Professor

Automation of external lighting systems for buildings of the fisheries industry

Abstract. Comfortable lighting is one of the most important conditions for productive and safe work. In addition, timely switching on and off of lights significantly reduces the cost of operating a building or structure. Automation of external lighting allows you to ensure optimal operation of the lighting network during the day.

Keywords: lighting, automation, SHUNO, LED.

Введение

Система управления наружным освещением – это систематизированный набор средств влияния на подконтрольный объект для достижения определённых целей данным объектом.

Системы управления разделяют на два больших класса: автоматизированные системы управления (АСУ) – с участием человека в контуре управления; системы автоматического управления (САУ) – без участия человека в контуре управления.

В настоящее время стало очевидным, что внедрение автоматизированной системы управления наружным освещением позволяет осуществлять телекоммуникационный контроль состояния сетей и приборов уличного освещения, управлять режимами горения светильников, дистанционно управлять освещением улиц по заранее заданному графику, а также вести учет энергопотребления и следить за эффективным использованием электроэнергии.

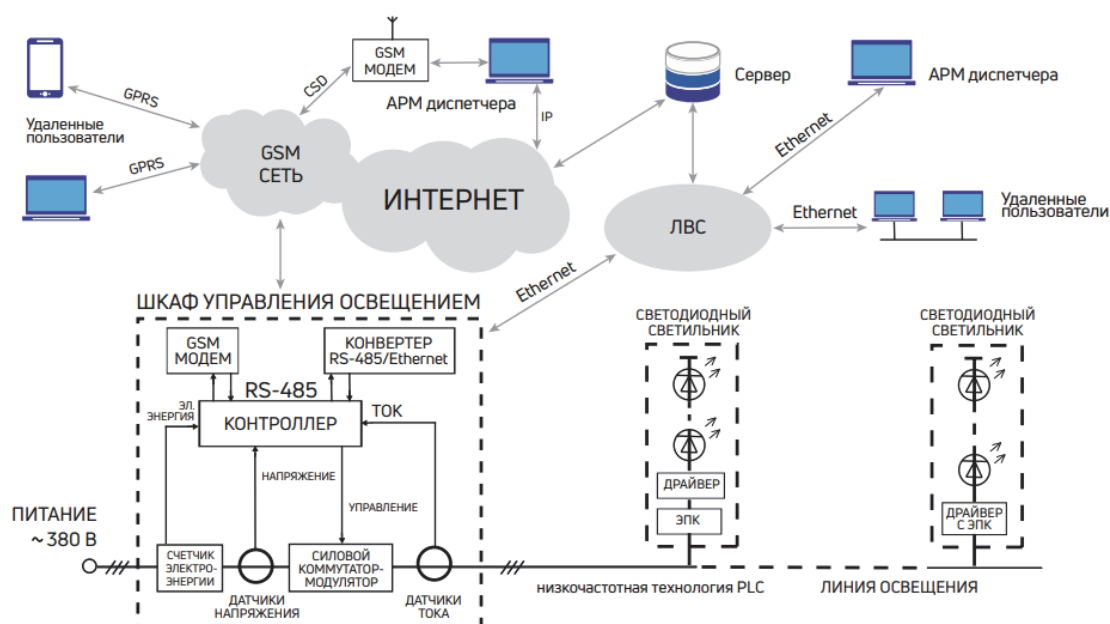
Современные системы автоматизации – это не просто дань моде, они имеют и экономические преимущества:

- в автоматическом режиме строго соблюдается расписание, так как исключается влияние человеческого фактора;
- нет необходимости выезжать на проверку включения или отключения освещения;
- в случае неотключения освещения не происходит потерь электроэнергии, так как диспетчер оперативно об этом оповещается и принимает соответствующие меры (ранее о неотключении сообщали через несколько часов граждане – потери могли быть значительными);
- телеизмерения позволяют оперативно выявлять несанкционированные подключения к сетям освещения и выявлять хищения электроэнергии;
- с помощью телеизмерений напряжений, токов и мощностей можно осуществить первичную диагностику осветительной сети в случаях каких-либо аварий;

Типы автоматических систем

Наиболее экономичным вариантом является дискретное управление освещением, при котором освещенность регулируется датчиками присутствия, таймерами, фотоэлементами путем полного или частичного отключения приборов. У данного типа автоматизации есть недостаток – срок службы ламп при постоянном включении или отключении снижается. Альтернативный вид – плавная настройка яркости, меняющаяся в зависимости от времени суток и степени естественной освещенности наружной части помещения и окружающей его территории. За счет плавного затухания без резких отключений технология несколько дороже в эксплуатации, одна она бережет лампы от перегорания и обеспечивает больший комфорт.

Схема работы автоматических систем



Независимо от типа автоматизации системы освещения состоят из типового комплекта оборудования, которое может быть дополнено функциональным оснащением. Главным компонентом является контроллер управления – «мозговой центр», который отвечает за прием команд и их исполнение тем или иным аппаратом. Команды могут поступать в механическом, дистанционном или полностью автономном режиме согласно заданному алгоритму. В свою очередь, сам контроллер передает команды оборудованию при помощи радиосигнала, провода или электроустановочного устройства. В результате происходит включение, отключение, изменение яркости или постепенное затухание света.

Шкаф управления наружным освещением (ШУНО)

Предназначен для адресного управления режимами работы (0-100 % мощности) светодиодных светильников и их автоматической диагностики. Команды управления от ШУНО подаются в линию освещения адресно. Формирование команды происходит посредством силового оптоэлектронного коммутатора-модулятора под управлением контроллера шкафа. Контроллер шкафа может быть настроен на включение/отключение линии освещения как по внутреннему астрономическому расписанию, так и внешнему воздействию: от датчиков освещенности, движения и (или) от автоматизированного рабочего места диспетчерского пункта (АРМ ДП).

Во время работы ШУНО передает команды управления режимами работы светильников, производит их автоматическую диагностику, контролирует уровень GSM-сигнала, ведет учет потребляемой электроэнергии, измеряет значения фазных токов и напряжений в линии освещения, сигнализирует об аварийных режимах. В ШУНО предусмотрена защита от сверхтоков и перенапряжений, осуществляется сбор и передача информации о технологических параметрах через GSM или конвертер RS-485/Ethernet сеть на сервер АСУНО. При необходимости диспетчер может внести коррективы в текущие настройки режимов или дистанционно управлять оборудованием.

ШУНО имеет два вида базового исполнения (IP54): трехфазное (напряжение: 380 В, ток нагрузки: 3×25 А; 3×50 А; 3×100 А) и однофазное (напряжение: 220 В; ток нагрузки: 25 А; 50 А). Максимальное количество индивидуально управляемых светильников от одного трехфазного шкафа – 660, от однофазного – 220. Адреса записываются в память электросетевых приемников команд светодиодных светильников.

Особенности проектирования и монтажа

Требованием к аварийному освещению является его подключение от независимых источников питания, не связанных с сетью рабочего освещения, причём допускается применение ручных осветительных приборов, в том числе на светодиодных лампах, для аварийного освещения взамен стационарных светильников.

Для эвакуационного аварийного освещения установлены следующие нормы: время работы согласно требованиям норм должно составлять не менее 1 ч, при этом минимальная освещенность больших площадей должна быть не ниже 0,5 лк, а освещенность путей эвакуации шириной до 2 м – не ниже 1 люкс, минимальная освещенность зон повышенной опасности – 10 % от нормируемой рабочей освещенности, но не ниже 15 лк. Нормы для резервного аварийного освещения: минимальная освещенность – 30 % от нормируемой рабочей освещенности.

Согласно требованиям и нормам освещение должно достигать требуемой 50-100 % величины в течение: 5-10 с для эвакуационного аварийного освещения и 15-60 с для резервного аварийного освещения. Для этой цели как нельзя лучше подходят светодиодные светильники и светодиодные лампы.

Функции автоматизации освещения

Автоматизация внешнего освещения зданий – не новшество, а логичный компонент современной системы рационализации производства и ведения бизнеса. Системы автоматического управления светом решают несколько важнейших задач, стоящих перед предприятием:

- сокращают потребление энергетических ресурсов на 30-70 %;
- обеспечивают постоянный мониторинг и самодиагностику аппаратуры;
- увеличивают сроки службы источников освещения и осветительных приборов;
- ведут учет присутствия сотрудников для точного контроля отработанных часов;
- оставляют возможность ручной настройки яркости освещения на рабочем месте.

Перечень возможных опций и сценариев работы «умных» систем освещения практически ничем не ограничен. Он должен составляться в индивидуальном порядке в зависимости от специфики конкретного объекта, потребностей коллектива и пожеланий заказчика.

Нормы наружного освещения

Наружное электрическое освещение территорий промышленных предприятий разделяется на общее, эвакуационное и охранное. Все эти виды освещения в большинстве случаев имеют отдельные линии питания и не связываются между собой. Исключение составляют только эвакуационное и общее освещение, которое в некоторых случаях может иметь общие цепи.

Подключение осветительных приборов

Осветительные приборы предпочтительно равномерно подключают к трем фазам осветительной сети. При подключении необходимо следить за тем, что в случае отключения одной из фаз в ночное время к этой фазе не оказались подключенными светильники, которые установлены в местах, требующих повышенного уровня освещенности.

Защитный и рабочий нулевые проводники должны подключаться к PEN проводнику отдельными зажимами.

Светильники

Для наружного освещения используют специально предназначенные для этого светильники. Они должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р. МЭК 60598-1-2011 «Светильники».

В настоящее время улицы чаще освещают натриевыми разрядными лампами высокого давления (ДНаТ). Ртутные лампы (ДРЛ) хоть и имеют более высокий индекс цветопередачи по сравнению с натриевыми лампами, но уступают им по энергоэффективности. Для освещения больших площадей, территорий предприятий, дворовых спортивных площадок могут быть использованы металлогалогенные лампы. Сейчас проводятся эксперименты по использованию светодиодных источников света для установок наружного освещения.

Питание осветительных сетей

Для питания осветительных сетей наружного освещения предусматривают щиты наружного освещения (ЩНО) или шкафы управления наружным освещением (ШУНО), которые подключают к трансформаторным подстанциям или ВРУ зданий. В некоторых случаях, чаще в сельской местности, ШУНО подключают к магистралям воздушных линий 0,4 кВ. Если ШУНО размещают на земле, то на опоре ВЛ. устанавливают щиток с аппаратом защиты, предотвращающим отключение линии в случае короткого замыкания в кабеле питания ШУНО. Необходимость установки на опору щитка с аппаратом защиты обусловлена требованием ГОСТ Р 50571.4.43-2012 (пункты 433.2; 434.2 и приложение С), согласно которому длина ответвления до аппарата защиты должна быть менее 3 метров.

Защита осветительных сетей от токов коротких замыканий

Осветительные сети должны быть защищены от токов перегрузок и коротких замыканий в соответствии с требованиями ПУЭ, издание 7 (пункты 6.3.25-6.3.40), и ГОСТ Р. 50571.4.43-2012.

Для защиты могут быть применены автоматические выключатели с комбинированным расцепителем или предохранители с плавкой вставкой. Чаще можно увидеть предохранители, так как они лучше выдерживают кратковременные пусковые токи, возникающие при включении светильников.

Расчет наружного освещения

Наружное освещение может выполняться как светильниками, так и прожекторами. Безусловных экономических преимуществ ни одна из этих систем не имеет. Преимуще-

ствами прожекторного освещения являются: возможность освещения больших открытых площадей без установки на них опор и прокладки сетей, облегчение эксплуатаций за счет резкого снижения количества мест, требующих обслуживания. К недостаткам прожекторного освещения можно отнести: слепящее действие, большая пульсация освещенности, резкие тени от объектов.

При освещении светильниками лампы ДРЛ следует использовать для освещения основных транспортных дорог завода с нормой освещенности более 4 лк. Для охранного освещения должны применяться светильники с лампами накаливания.

Высота установки светильников выбирается с учетом требований ограничения слепящего действия. Экономически целесообразным является увеличение высоты. Традиционная высота установки колеблется от 6 до 10 м. Выбираем 7 м.

Расстояние между светильниками выбранного типа определяется расчетом. Вначале определяют световой поток, который необходим для обеспечения требуемой освещенности по формуле

$$\Phi' = \frac{Lkn}{\eta_L},$$

где L – нормированная яркость (для территории завода 0,4 кд/м², для охранного освещения 0,05 кд/м²), k – коэффициент запаса, η_L – коэффициент использования по яркости для выбранного светильника, с учетом условий установки ($\eta_L = 0.051$).

Далее определяется площадь, которую способен осветить выбранный светильник

$$F = \frac{\Phi_{св}}{\Phi'},$$

где $\Phi_{св}$ – световой поток от лампы в светильнике (2450 лм).

Для освещения наружных пространств применяются прожекторы и светильники. Прожекторы создают возможность освещения больших открытых пространств без установки на них большого числа мачт, а также значительно сокращают протяженность сети электропитания и облегчают условия эксплуатационного ухода за осветительной установкой. С другой стороны, при применении прожекторов создается повышенное слепящее действие. При освещении дорог, проездов и узких полос территории светильники рационально применять с лампами ДРЛ и ДРИ. Высота установки прожекторов и светильников выбирается с учетом ограничения их слепящего действия. Расчеты прожекторного освещения связаны со значительными затратами времени. Поэтому рационально во многих случаях применять электронные цифровые вычислительные машины. Методика расчетов и соответствующие программы для этого имеются в литературе.

Выбор высоты установки светильников и прожекторов

Для ограничения слепящего действия установок наружного освещения на площадках промышленных предприятий и местах проведения работ, расположенных вне зданий, высота установки светильников согласно СНиП Н-4-79 выбирается:

- а) для светильников с защитным углом $<15^\circ$ – не менее значений;
- б) для светильников с защитным углом $\geq 15^\circ$ – не менее 3,5 м при любых источниках света.

Не ограничивается высота подвеса светильников с защитным углом 15° и более (или с рассеивателями из молочного стекла) на площадках для прохода людей или обслуживания технологического оборудования.

Венчающие светильники рассеянного света устанавливаются на высоте не менее 3 м над уровнем земли при световом потоке источника света до 6000 лм и на высоте не менее 4 м при световом потоке источника света свыше 6000 лм.

При применении прожекторов и наклонно установленных светильников отношение осевой силы света прожекторов и светильников прожекторного типа к квадрату высоты их установки, обозначаемой буквой s , в зависимости от нормируемой освещенности регламентируется значениями от 100 до 3500.

Исходя из этого, минимально допустимую высоту установки прожекторов можно выразить формулой

$$H = \sqrt{\frac{I_{max}}{c}} \quad \text{или} \quad H = m\sqrt{I_{max}},$$

где $m = 1/\sqrt{c}$

Исходя из правил по технике безопасности ПУЭ, при создании освещенности 30 и 50 лк установка прожекторов локализованного освещения ниже 3 м не допускается. При окончательном выборе высоты установки прожекторов, кроме фактора слепимости, учитываются еще и местные условия, например наличие высотных объектов, на которых можно установить прожекторы, а также условия тенеобразования, необходимые соотношения значений вертикальной и горизонтальной освещенности и, самое главное, протяженность освещаемого пространства.

Совершенно ясно, что и экономика вопроса имеет существенное значение. Стоимость прожекторных мачт резко возрастает с увеличением их высоты.

Высота установки светильников наружного освещения

Светораспределение светильников	Наибольший световой поток в светильниках, установленных на одной опоре, лм	Наименьшая высота установки светильников, м	
		с лампами накаливания	с газоразрядными лампами
Полуширокое	Менее 5000	6.5	7
	5000-10000	7	7.5
	10000-20000	7.5	8
	20000-30000	-	9
	30000-40000	-	10
	Свыше 40000	-	11.5
Широкое	Менее 5000	7	7.5
	5000-10000	8	8.5
	10000-20000	9	9.5
	20000-30000	-	10.5
	30000-40000	-	11.5
	Свыше 40000	-	13

Библиографический список

1. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. Вып. 2-й (с изм. и доп. по состоянию на 1 ноября 2005 г.). Новосибирск: Сиб. универ. изд-во, 2005. 854 с.
2. Электротехнический справочник: в 3 т. Т. 3. В 2 кн. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии / под общ. ред. профессора МЭИ И.Н. Орловой. 7-е изд., испр. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1988. 880 с.
3. Волоцкой Н.В. Освещение открытых пространств. Л.: Энергоиздат, 1981. 232 с.
4. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003.
5. Айзенберг Ю.Б. О стратегии и тактике развития светотехнической промышленности РФ и задаче снижения вдвое энергопотребления на электрическое освещение при улучшении условий жизни людей // Светотехника. 2013. № 5. С. 62–69.
6. Валиуллин, К.Р. Оптимизация параметров элементов сети уличного освещения / К.Р. Валиуллин, Н.Г. Семенова // Электротехнические системы и комплексы. 2018. № 3(40). С. 34–41.

Амирбек Акмалович Бакиев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНб-312, Россия, Владивосток, e-mail: bakiev_amirbek_99@mail.ru

Научный руководитель – Сергей Александрович Вермонт

Перспектива применения полимерных изоляторов

Аннотация. Представлена информация о появлении полимерных изоляторов, приведены их характеристики, а также характеристика композитных изоляторов разных поколений, преимущества и недостатки. Исследованы перспективы и тенденции развития современных полимерных изоляторов.

Ключевые слова: изолятор, полимерный, высоковольтный, эксплуатация, применение.

Amirbek A. Bakiev

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-312, Russia, Vladivostok, e-mail: bakiev_amirbek_99@mail.ru

Scientific adviser – Sergey A. Vermont

The prospect of using polymer insulators

Abstract. Naturally, in the work of polymer insulators using the method of conditional - theoretical research. A detailed story about how polymer insulators appeared their characteristics, as well as characteristics of composite insulators of different generations. Advantages and disadvantages. Conducting a demonstration of the operation of polymer insulators. Research of prospects and trends in the development of modern polymer insulators.

Keywords: insulator, polymer, high voltage, operation, application.

Введение

Энергия становится все более ценным сокровищем современного мира. Потребность и готовность к сохранению энергии никогда не была так велика, как сейчас. Для экономии энергии и совершенствования технологий возобновляемой энергетики в современном мире применяют полимерную науку. Полимеры занимают центральное место среди материалов в изоляции высоковольтных линий и играют важную, повсеместную роль в повседневной жизни – от пластмасс и эластомеров до природных биополимеров. Всё большую популярность в энергетике получают высоковольтные полимерные изоляторы многообразного использования. Залог бесперебойной поставки электроэнергии – это правильный выбор изоляторов, по типу и количеству, их качественность, надежность. От надежности изоляторов зависит жизнь обслуживающего персонала. Первые полимерные изоляторы появились в конце 1960-х гг. Проектировали их на эпоксидных смолах, срок службы имел маленький промежуток времени (5-7) лет. Материал поддавался разрушению из-за солнечной радиации и частичных разрядов на плоскости изолятора, в результате оболочка разрушалась. На поверхности появлялся след сильной эрозии и токопроводящие треки [3]. В конце 1970-х гг. разработан полимерный изолятор с оболочкой из кремнийорганических эластомерных композиций (резин). Кремнийорганическая резина – эластичный каучук, в её основе – по-

лиорганосилоксаны. Получают кремнийорганическую резину путём вулканизации каучука. В чистом виде кремнийорганическая резина оказывается непрочной, уязвимой для озона и света, не отличается электротехническими свойствами. Поэтому для достижения нужного результата, добавляют композитный материал - активный усиливающий наполнитель (диоксид кремния и нанопорошок диоксида титана). В результате получается материал с приемлемыми свойствами и оптимальным качеством.

Обсуждение

Полимерные изоляторы на сегодняшний день представлены в трех поколениях. *Полимерные изоляторы I поколения:* клееная техника производства с кремнийорганической оболочкой. Изолятор собирался вручную, путем пореберной проклейки (на стержень из стеклопластика надевались ребра и проклеивались). Ребра обеспечивали защитную оболочку для стеклопластикового стержня, создавая нужную длину пути тока утечки. Образование наличия границ раздела между ребрами и некачественно защищенного стержня подвергало оболочку изолятора разрушению, при попадании влаги образовывался «хрупкий излом» и полимерный изолятор выходил из строя [4].

Полимерные изоляторы II поколения. Изменена конструкция, производили цельнолитой непроводник с силиконовой пленкой и герметизацией клеем участка – прикосновения оконцевателя с оболочкой. Отсутствие границ между ребрами, изоляция участка (вход стержня в оконцеватель) изготавливалась средством проклейки вручную компаундом холодного отверждения. Отслеживались эпизоды разгерметизации (распайки) стыка оконцевателя с защитной оболочкой, проникновение влаги. В конечном итоге неимение совершенной изоляции участка сопряжения «оболочка – опора – оконцеватель», сохранялась внутренняя строительная высота в отличие от гирлянд [6].

Полимерные изоляторы III поколения. Попытки устранить минусы производства изоляторов предыдущих поколений привели к разработке полимерного изолятора III поколения – это цельнолитой изолятор с кремнийорганической оболочкой, которая наносится под высоким давлением. Сразу на оконцевателе вулканизируется. Используется бесшовная технология. Процесс производства полностью автоматический, обеспечивается повышенная надежность. Гарантия производителя – 5 лет, срок использования предполагается 40 лет, уменьшенная габаритная и строительная высоты (снижена на 20 %). Прочность к автоматическим воздействиям, вандализму, повышенная гидрофобность [4, 6].

Производство полимерных изоляторов быстро развивается как во всем мире, так и в России. Сравнительно простой технологический процесс, не требующий больших площадей, сложного технологического оборудования, и устойчивый спрос на полимерные изоляторы привели к увеличению количества производителей.

Полимерный изолятор сконструирован из стеклопластикового штыря, металлического оконцевателя и слоя из полимера. Предназначен стеклопластиковый штырь для электрической и механической стойкости изоляционного предмета. При помощи оконцевателя изолятор фиксируется к деталям опор воздушной трассе и проводам. Полимерный слой защищает штырь изолятора от климатических воздействий.

В энергетике используют разнообразные каучуки: бутадиен-стирольные, бутадиеновые, кремнийорганические, этиленпропиленовые и натуральные. Тип радикалов определяет характеристики кремнийорганической резины. Кремний с кислородом – силоксановые, кремний с азотом – боросилоксановые, кремний с углеродом – силкарбоновые [4].

Преимуществами полимерных высоковольтных изоляторов являются: высокая механическая прочность; неизменность к атмосферным загрязнениям, солнечной радиации, стабильность к внешним электрическим разрядам, высокая стойкость к перенапряжению. Полимерные изоляторы не подвергаются термическим изменениям, обладают прочностью (справляются с ударами механических нагрузок и расстрелов, эксплуатационных, механических и электрических воздействий) и гибкостью конструкции. Присутствует отличная лиофобность, гидрофобность, слабая загрязненность изоляционной поверхности, не нужно

проводить очистку, дефектировку и профилактические работы. Отличная устойчивость к актам вандализма, вандализма, обладают легким весом. Отмечена простота и удобство монтажных работ, транспортировки, обслуживанию, применения [1], [2].

В процессе эксплуатации и исследовательских работ выявились недостатки полимерных высоковольтных изоляторов: старение под воздействием ультрафиолета и солнечной радиации. При старении и воздействии высоких температур уменьшается механическая и электрическая прочность. Срок службы зависит от компонентов, водопроницаемы, возможно, появления трещин. Существует высокий риск пробоев при разгерметизации, сложность их замены, Они пожароопасны. Отсутствует технология замены их при работе под напряжением, не рекомендуется применять в разъединителях класса напряжения 220 кВт и более, возможность скрытых дефектов, изменение цвета в процессе использования. Полимерные изоляторы подвержены биологическому загрязнению (грибковому) и воздействию выбросов металлургических и химических производств; [1, 2].

Использование высоковольтных полимерных изоляторов в мире остается предметом разногласий, острой дискуссии по вопросам, связанным с характеристиками и применением. Единой точки зрения не достигнуто, многие оценки и мнения носят противоречивый характер. Наиболее длительным и обширным опытом применения современных полимерных изоляторов является североамериканский опыт эксплуатации. Сегодня в США эксплуатируется примерно 25 % от вновь установленных линейных изоляторов. Оптимально они подходят для районов с сильными ураганскими ветрами и различными загрязнениями. В связи с широким применением полимерных изоляторов в США разработана необычайно обширная американская научно – техническая литература, отражающая различные аспекты исследовательских мероприятий, свойств и характеристик сырья и материалов [7, п.11].

В Германии внедрение в эксплуатацию полимерных изоляторов, признан положительным. В настоящий период времени полимерные изоляторы, установленные в районах с различными условиями загрязнения, эксплуатируются в значительном количестве двух типов: изоляторы в оболочке, вулканизирующийся при комнатной температуре (RTV), и изоляторы с силиконовым слоем улучшенных свойств (HTV) [7, п.14].

В Китае в эксплуатацию введены десятки тысяч подвесных полимерных изоляторов и только силиконовые, обладающие сопротивлению ультрафиолетовому излучению, озону и коронных разрядов, которые лучше других противостоят искрению подсушенных зон, трекингу и эрозии. Особенным преимуществом их является гидрофобность. В сильно загрязненных районах используются полимерные подвесные изоляторы III поколения. Варварство по отношению к полимерным изоляторам в Китае отсутствует. Ведутся соответствующие проработки по усовершенствованию конструкции изоляторов для эксплуатации в зонах интенсивной грозовой активности, контроля изменений механических характеристик изоляторов в процессе эксплуатации, повышения надежности крепления концевой арматуры [7, п.15].

В Канаде уже 12 лет в распределительных сетях среднего напряжения применяются полимерные изоляторы. У изоляторов нового поколения, являющимся прогрессом полимерной технологии, за 10-12 лет эксплуатации в условиях слабого уровня загрязнения отсутствуют характер старения. В настоящее время на подстанции все подвесные и натяжные гирлянды заменены на полимерные изоляторы, кремнийорганическое защитное покрытие нанесено на все вводы выключателей и трансформаторов, шины измерительных трансформаторов и разрядников и большое число опорных изоляторов. Модернизированная изоляция подстанции в зимних условиях работает надежно, хотя срок эксплуатации пока незначителен [7, п.12].

В различных районах Италии, в основном в условиях сильных осадков, интенсивной солнечной радиации, влаги принято решение установить несколько тысяч полимерных изоляторов нового поколения, представленными разными изготовителями и с различными видами оболочки [7, п.13].

В некоторых странах, как Индия, Египет, Австралия широко функционируют полимерные детали: бустерные юбки, которые создают возможность удлинять путь утечки керамических подстанционных изоляторов [7, п.15].

В России полимерные изоляторы не получили широкого применения. Отставание от зарубежных стран – лидеров составляет примерно в 10 лет.

Постоянным стимулом производства ПВИ является незначительное количество капиталовложений. Особенно приемлемо производство полимерных высоковольтных изоляторов для стран (Азии, Африки, Латинской Америки), которые испытывают трудности в приобретении традиционных изоляторов. Местное производство – шанс, который предоставляется полимерными материалами. В современных условиях, в период двадцатипятилетнего опыта, путём проб и ошибок полимерные изоляторы передовых фирм достигли состояния высоко технологических изделий.

Использование полимерных высоковольтных изоляторов экономически эффективно и перспективно. В период появления полимерных изоляторов их стоимость существенно превышала стоимости гирлянд стеклянных изоляторов, экономическая выгода обосновывалась экономией на транспортных, монтажных и эксплуатационных расходах. Экономически оправдано применение полимерных изоляторов на высоковольтных линиях напряжением 220 кВт и выше. Сегодня стоимость изоляторов полимерных ниже стоимости гирлянд стеклянных изоляторов. И с ростом номенклатуры изоляторов по рабочему напряжению и ограниченной механической стабильности показатель экономии растёт в пользу полимерных изоляторов. Экономическая эффективность мотивирует преимущественное распространение полимерных изоляторов и стимулирует их на тенденции совершенствования и развития.

В России полимерные изоляторы начали производиться недавно, около 35 лет назад и в эксплуатации до сих пор в действии не совсем удачные конструкции, которые дискредитировали полимерные изоляторы. Но современные полимерные изоляторы, вводимые в эксплуатацию, восстановят доверие потребителей. На сегодняшний день существует большое количество различных модификаций полимерных изоляторов и по-настоящему не сложилось, а только разрабатывается [5]. Наибольшее преимущество полимерных изоляторов – существенно меньший вес, который облегчает и делает удобным монтаж ПВИ. Появляются производства, которые объединяют известные плюсы различных технологий производства композитных изоляторов. Доступны максимальные длины деталей за одну заливку, как вариант размещения силиконовых ребер вдоль изолятора и дифференциация их диаметра, оптимальный наклон ребер для стекания грязных жидкостей [5].

Полимерные высоковольтные изоляторы (ПВИ) в перспективе предположительно будут демонстрировать разнообразие свойств, предлагающие новизну и многогранность, которая может едва ли сопрягаться с любым другим видом материалов. Продолжится поиск более дешевых и доступных инновационных полимеров, упрощенных конструкций. Полимерные высоковольтные изоляторы с множеством преимуществ набирают тенденции ускоренного развития, как производства, так и номенклатуры. Усовершенствованные конструкции полимерных изоляторов нового поколения увеличат срока эксплуатации полимерных изоляторов до 50 и более лет.

Полимерные высоковольтные изоляторы одно из трендовых направлений современных исследований, применяемых практически во всех областях, и находятся в стадии больших функциональных возможностей в России и во всем мире. Глобальный рынок освоения полимерных высоковольтных изоляторов к 2025 г. вырастет на 5 %.

Спорным из эксплуатационных показателей ПВИ является фактор надежности и старения. Основными причинами старения полимерных изоляторов в эксплуатации происходит за счет – солнечной радиации, перепада температур, влияния загрязнений и влажности. Начинаются ухудшения с обесцвечивания и появления шероховатости поверхности, затем происходит накопления загрязнения, начинает развиваться корона, появляются поверхностные разряды. Далее может произойти эрозия, повреждения и пробой защитной оболочки полимерных изоляторов.

Полимерные изоляторы незаменимы в условиях сильного загрязнения. Благодаря их хорошей само очистке и гидрофобности поверхности, не требуется применять чистку и обмыв в эксплуатации.

По причине большой экономической эффективности, в некоторой степени «малого» опыта освоения, полимерные высоковольтные изоляторы требуют дополнительного изучения, исследовательских лабораторных опытов и теоретических размышлений. В заключение для перспективности развития полимерных изоляторов можно предположить следующее:

Усовершенствование и улучшения черт ПВИ:

- обеспечить ПВИ прозрачность. Бесспорность позволит предупредить изменения тона около эксплуатации, свободно приметить около наружном осмотре незначительные трещины, изломы и всевозможные внутренние дефекты, безукоризненно в том же духе как у пустых изоляторов;

- осуществить ПВИ художественный поиск. В преодолении изъянов полимерных изоляторов должно подготовить и создать свежеепеченную конструкцию, текстуру и модификацию, которая бы позволила гарантировать воздушность и несложность их подмены около службе около напряжением, минимизировать природоохранный риск;

- в производстве утилизировать исключительно инноваторские первоклассные прогрессивные начальные материалы (нано композиты), даровитые перенести противодействие ультрафиолета и солнечную радиацию, стать пожаробезопасными, водонепроницаемы, предупредит риск пробоев около разгерметизации, биологического и химического загрязнения, в итоге понизиться старение, подняться срок эксплуатации и надежность полимерных высоковольтных изоляторов. Это сложный и многогранный процесс.

Гарантировать в процессе производства качество полимерных изоляторов, снабжая желанные качества материалов. Подготовить нормативно техническую базу, поддерживающую соотношение характеристик продукции всем технологическим конкурентоспособным условиям (сертификаты, протоколы испытаний, переаттестация и т.д.)

Требуется создание нано-диагностического оснащения с использованием числовых технологий, обеспечивающим обнаружение в ходе службы загрязнения изоляционного полимера, обнаруживающее повреждение обособленности кабеля, сокращение промышленной и электрической стабильности инноваторских полимерных высоковольтных изоляторов.

Проводить популяризацию современности использования полимерных высоковольтных изоляторов, полимерной науки, путем создания школ – клубов любителей инновационных направлений, изучения опыта использования прошлых лет и полученных навыков мировой эксплуатации, обучения тонкостям мастерства, передовых функциональных возможностей, рекомендаций, инструкций и технологий замены при работе полимерных изоляторов под напряжением.

Предприятиям - изготовителям полимерных высоковольтных изоляторов систематически проводить обсуждения, двусторонние дружественные консультации, интернациональные конференции и выставки, академические симпозиумы, обмениваться экспериментом использования инноваторских способов и материалов при производстве ПВИ.

Следовательно, известность использования полимерных высоковольтных изоляторов возрастает, в случае снижения их стоимости, улучшения свойств, модификаций, черт и номенклатуры, предоставления больше легковесного и простого метода подмены при работе под напряжением, использование при их производстве исключительно высококачественного начального материала, проектирования высокотехнологического, диагностического оборудования, выявляющего недостатки ПВИ.

Полимерные изоляторы в будущем будут играть ключевую роль в поиске успешных путей решения полимерной высоковольтной изоляции и станет материалом нового тысячелетия, энергоэффективным, экологичным, наивысшего качества, низкой цены, позволяющей обеспечить лучшие решения изоляции высоковольтных линий по всему миру.

Транснациональный и отечественный эксперимент эксплуатации полимерных изоляторов предоставляет основание рассчитывать на обмен новыми и захватывающими результатами ПВИ, последующее поступательное продолжение эффективной эксплуатации на загрязненных участках, кроме использования профилактических, сервисных, рабочих мероприятий.

Библиографический список

1. Глебов И. Надежность полимерных изоляторов: миф или реальность?// Энергетика и промышленность России. № 01-02(165-166) январь 2011 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eprussia.ru/epr/165/12550.htm> (дата обращения: 09.04.2022).
2. Полимерные изоляторы [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/DEWGT> (дата обращения: 09.04.2022).
3. Чунчин В.А. Высоковольтные изоляторы ЛЭП (СИБНИИЭ) [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/DEWJk> (дата обращения: 09.04.2022).
4. Изучение мирового опыта и эффективности применения полимерной изоляции на ВЛ [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/DEWMB> (дата обращения: 10.04.2022).
5. Тенденции развития рынка изоляторов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gig-group.com/newspaper/article/734> (дата обращения: 10.04.2022).
6. Технологии изготовления [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/DEWFi> (дата обращения: 10.04.2022).
7. Полимерные изоляторы. Опыт и перспективы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.insulators.ru/press/Composite.htm> (дата обращения: 10.04.2022).

Заур Ровшан оглы Гаджиев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНБ-412, Россия, Владивосток, e-mail: zaur01_00@mail.ru

Научный руководитель – Юрий Михайлович Горбенко, канд. техн. наук, доцент

Линии электропередач постоянного тока

Аннотация. Проведены сравнительный анализ и систематизация существующих способов передачи электрической энергии посредством ЛЭП, что позволит выбирать из имеющегося множества технических решений наиболее рациональное и экономически выгодное для местных условий.

Ключевые слова: линии электропередач постоянного тока, основные элементы линии электропередач постоянного тока, разновидности опор линий электропередач, возможные потери в линиях электропередач.

Zaur R. o. Gadzhiev

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENB-412; Russia, Vladivostok,
e-mail: zaur01_00@mail.ru

Scientific adviser – Yuri M. Gorbenko, PhD, Associate Professor

Direct current power lines

Abstract. This paper sets the task of systematizing and comparative analysis of the existing methods of transmission of electrical energy by means of power transmission lines, the solution of which will allow choosing from the existing set of technical solutions the most rational and economically beneficial for local conditions.

Keywords: DC power lines, main elements of DC power lines, types of power line supports, possible losses in power lines.

Введение

Характерным в развитии электропередачи всегда являлись увеличение передаваемых мощностей, протяженности линий и как следствие - увеличение напряжения. Повышение этих параметров на каждом новом этапе ставило новые и более сложные задачи перед учеными и инженерами, перед конструкторами электрических машин, линейных устройств и коммутационной аппаратуры.

Практически возможными являлись два метода электропередачи – постоянным или переменным токами. Оба эти метода с различными успехами разрабатывались на протяжении всей истории электроэнергетики. Основными средствами передачи электрической энергии являлись воздушные и кабельные линии со всем необходимым оборудованием.

1. Линии электропередачи постоянного тока

ЛЭП предназначена для передачи электроэнергии от источника к потребителю. Она представляет собой два изолированных провода с суммарным сопротивлением $R_{\text{л}}$, к началу которых подключен генератор с напряжением U_1 , а к концу – нагрузка с сопротивлением $R_{\text{н}} = R_2$. В генераторе, проводах линии и нагрузке при отсутствии утечки ток I имеет

одну и ту же величину. При анализе работы линии наиболее важными являются три вопроса: напряжение на нагрузке U_2 , величина передаваемой мощности P_2 и коэффициент полезного действия η передачи.

Режим работы линии удобно рассматривать в виде зависимостей различных величин от тока I в линии. При этом ток равен

$$I = \frac{U_1}{R_n + R_l}.$$

Линии электропередач высокого напряжения создаются для передачи напряжения в десятки и сотни киловольт на расстояние. Различают два основных типа: воздушные и подземные.

Воздушные линии электропередач высокого напряжения являются одним из основных звеньев современных электрических систем. Напряжение в линии зависит от ее длины и передаваемой по ней мощности. Они делятся на два основных типа: до 1000 В и выше. Широко используется по всей России. Главный недостаток воздушных линий в том, что, несмотря на свою «легкость», они занимают много места. С точки зрения энергетического права запрещается строить линии электропередач на охраняемой территории, которая обычно составляет от 10 до 100 м, поэтому в городских районах воздушные высоковольтные линии используются редко. В крупных городах даже начинается процесс переноса под землю существующих линий высокого напряжения.

Подземные высоковольтные линии используются при прокладке электрических сетей в городах и на промышленных предприятиях. Они имеют множество преимуществ перед воздушными линиями:

- простота конструкции. Не требует глубокого закапывания, не излучает электрического поля;
- повышенная надежность. Подземные линии высокого напряжения не чувствительны к непогоде;
- снижение потерь мощности. Подземные кабели содержат большое количество меди, наиболее проводящего металла, который работает при более низких температурах, что приводит к снижению высоких перепадов давления на 30% по сравнению с воздушными линиями высокого напряжения;
- возможность контролировать состояние кабеля. Для сокращения времени простоя операторы электросетей могут измерять температуру высоковольтного кабеля на всей его длине с шагом в полметра с помощью оптического волокна, встроенного во внешнюю оболочку кабеля.

Но при всех достоинствах подземные высоковольтные линии имеют и свои недостатки. Их стоимость в 2-3 раза выше стоимости воздушных линий. Тушение пожара также может быть затруднено, если нельзя сразу обесточить высоковольтные линии. В настоящее время для передачи электроэнергии используются более современные кабельные системы, которые снижают риск возгорания, но не могут полностью его устранить.

2. Основные элементы линии постоянного тока

1. Управляемые высоковольтные выпрямители из которых собирается схема преобразовательной подстанции.

2. Управляемые высоковольтные инверторы, из них также собирается схема преобразовательной подстанции.

Схема инверторной подстанции принципиально не отличается от схемы выпрямительной подстанции, так как выпрямители обратимы. Единственное отличие состоит в том, что на инверторной подстанции приходится устанавливать компенсирующие устройства, конденсаторы, либо синхронные компенсаторы для выдачи инверторам реактивной мощности, которая составляет около 50-60 % передаваемой активной мощности.

Средние точки обеих преобразовательных подстанций в биполярной передаче заземлены, а полюсы изолированы.

Сегодня во всём мире растёт интерес к линиям электропередачи на постоянном токе (ЛЭП ПТ), которые в ряде случаев обладают заметными техническими и экономическими преимуществами по отношению к линиям электропередачи переменного тока той же мощности. Переход на постоянный ток выгоден по многим причинам. Затраты на строительство самих линий снижаются – замена трёх фаз на два полюса позволяет резко сократить стоимость проводов или кабелей. В случае воздушных линий опоры конструктивно проще и легче, а трасса линии – уже. Также заметно снижается расход строительных и конструкционных материалов. Однако преобразовательные подстанции ЛЭП ПТ сложнее и дороже подстанций ЛЭП переменного тока, поскольку содержат много дополнительного оборудования. Это мощные преобразовательные установки со своими системами регулирования, защиты, сигнализации, охлаждения и т.д. Также на подстанциях должны быть синхронные компенсаторы или мощные батареи конденсаторов для компенсации реактивной мощности, потребляемой самими преобразователями. Там же монтируются фильтры высших гармоник, сглаживающие реакторы и другое оборудование.

3. Разновидности опор ЛЭП

В зависимости от способа подвески проводов опоры бывают:

- промежуточные, на которых провода закрепляют в поддерживающих зажимах;
- анкерного типа, служащие для натяжения проводов; на этих опорах провода закрепляют в натяжных зажимах;
- угловые, которые устанавливают на углах поворота ВЛ с подвеской проводов в поддерживающих зажимах; они могут быть промежуточные, ответвительные и угловые, концевые, анкерные угловые.

Технические характеристики линий электропередач. Основные параметры ЛЭП составляют:

- промежутки между стойками или опорами ЛЭП;
- пространство между соседними кабельными линиями;
- протяженность гирлянды ЛЭП;
- высота стойки;
- самое малое разрешенное расстояние от низкой отметки кабеля до почвы.

Чтобы понизить число аварийных выключений, которые возникают при плохих погодных условиях, линии электростанций снабжаются грозозащитными канатами, которые устанавливаются на стойках выше кабелей и используются для подавления прямых попаданий грозы в ЛЭП. Они похожи на металлические оцинкованные многопроволочные тросы или специальные усиленные алюминиевые кабели малого сечения.

Производятся и используются такие устройства от молний с встроенными в их трубчатый стержень оптико-волоконными жилами, которые дают многоканальную связь. На территориях с постоянно повторяющимися и сильными морозами, лед откладывается на проводах и образуются аварии из-за пробивания воздушных линий при приближении провисших канатов и кабелей.

Рабочая температура линий электропередач составляет от 150 до 200 градусов. Внутри провода не имеют изоляцию. Они должны обладать высокой степенью проводимости, а также устойчивостью к механическим повреждениям.

ЛЭП используются для перемещения и распространения электроэнергии. Виды линий можно поделить:

- по виду расположения кабелей — воздушные (находятся на открытом воздухе) и закрытые (в кабель-каналах);
- по функциям – сверхдальние, для магистралей, распределительные.

Воздушные ЛЭП также можно разделить на подвиды, который зависят от проводников, типа тока, мощности, применяемого сырья.

4. Потери в ЛЭП

Потери электроэнергии в проводах зависят от силы тока, поэтому при передаче её на дальние расстояния, напряжение многократно повышают (во столько же раз уменьшая си-

лу тока) с помощью трансформатора, что при передаче той же мощности позволяет значительно снизить потери. Однако с ростом напряжения начинают происходить различные разрядные явления.

В воздушных линиях высокого напряжения присутствуют потери активной мощности на корону (коронный разряд). Эти потери зависят во многом от погодных условий (в сухую погоду потери меньше, а в дождь, изморось или снег эти потери возрастают) и расщепления провода в фазах линии.

Потери на корону для линий различных напряжений имеют свои значения (для линии ВЛ 500 кВ среднегодовые потери на корону составляют около $\Delta P=9-11$ кВт/км).

Так как коронный разряд зависит от напряжённости на поверхности провода, то для уменьшения этой напряжённости в воздушных линиях сверхвысокого напряжения применяют расщепление фаз. То есть вместо одного провода применяют два и более проводов в фазе. Располагаются эти провода на равном расстоянии друг от друга. Получается эквивалентный радиус расщеплённой фазы, этим уменьшается напряжённость на отдельном проводе, что в свою очередь уменьшает потери на корону.

Заключение

Основная часть промышленных предприятий работает на электроэнергии. Высокое потребление электроэнергии характерно для энергоемких производств, таких как металлургия, алюминий и машиностроение.

В связи с этим возникает проблема эффективного использования этой энергии. При передаче электроэнергии на большие расстояния, от производителя к потребителю, потери тепла по линии передачи растут пропорционально квадрату силы тока, т.е. если ток удваивается, то потери тепла увеличиваются в 4 раза. Следовательно, желательно, чтобы ток в линиях был небольшим. Для этого увеличивают напряжение на линии передачи. Электроэнергия передается по линиям, где напряжение достигает сотен тысяч вольт. Вблизи городов, получающих энергию от ЛЭП, это напряжение доводят до нескольких тысяч вольт с помощью понижающего трансформатора. В самом городе на подстанциях напряжение падает до 220 вольт.

Наша страна занимает большую территорию, почти 12 часовых поясов. А это значит, что когда в одних регионах энергопотребление максимально, в других рабочий день уже закончился, и потребление падает. Для рационального использования электроэнергии, вырабатываемой электростанциями, их объединяют в энергосистемы отдельных регионов: европейской части, Сибири, Урала, Дальнего Востока и др. Такое объединение позволяет более эффективно использовать электроэнергию, координируя эксплуатацию отдельных электростанций. Сейчас разные энергосистемы объединяются в единую энергосистему России.

Библиографический список

1. Ивакин В.Н., Сысоева Н.Г., Худяков В.В. Электропередачи и вставки постоянного тока и статические тиристорные компенсаторы. М.: Энергоатомиздат, 1993.
2. Балыбердин Л.Л. и др. Увеличение мощности электропередачи 330/400 кВ с вставкой постоянного тока между энергосистемами России и Финляндии // Электрические станции. 2004. № 10.
3. PowerLink. № 2. 1996. ABB Power Systems.
4. Передачи и вставки постоянного тока высокого напряжения / под ред. В.В. Худякова. М.: Энергоатомиздат, 1988.

Юлия Анатольевна Данилова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СВс-512, Россия, Владивосток, e-mail: danilova7231@gmail.com

Научный руководитель – Илья Андреевич Курбатов, канд. физ.-мат. наук

Расчет электропривода якорно-швартовного устройства балкера

Аннотация. Приведен расчет электропривода якорно-швартовного устройства балкера. Для этого были рассчитаны тяговые усилия и моменты на валу, с помощью полученных данных был одобрен предложенный электродвигатель и построены его механическая и электромеханическая характеристики.

Ключевые слова: электропривод, механическая характеристика, электромеханическая характеристика, расчет электродвигателей

Yuliya A. Danilova

Far Eastern State Technical Fisheries University, SVs-512, Russia, Vladivostok,
e-mail: danilova7231@gmail.com

Scientific adviser: Iliya A. Kurbatov, PhD

Calculation of the electric drive of the anchor-mooring device of the bulk carrier

Abstract. The purpose of this work is to calculate the electric drive of the anchor-mooring device of the bulk carrier. For this purpose, the traction forces and moments on the shaft were calculated, the proposed electric motor was approved with the help of the data obtained and its mechanical and electromechanical characteristics were constructed.

Keywords: electric drive, mechanical properties, electromechanical characteristic, calculation of electric motor.

Электропривод якорно-швартовного устройства представляет собой электромеханическую систему, которая состоит из электродвигательного, преобразовательного, передаточного и управляющего устройств. Данные устройства требуются для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины. Как правило, хорошее знание назначений элементов устройства позволяет нам проектировать, создавать машину, а также обслуживать ее в процессе эксплуатации.

Для расчета электропривода якорно-швартовного устройства был выбран теплоход «Orange Dream». В табл. 1 приведены тактико-технические характеристики рассматриваемого судна.

Таблица 1 – Тактико-технические характеристики теплохода «Orange Dream»

Количество якорей	3 шт.
Масса одного якоря	1897 кг
Общая масса якорей	5691 кг
Общая длина цепей	450 м
Калибр якорной цепи(d)	46 мм

Вес каждого якоря $G_{\text{я}}$, Н

$$G_{\text{я}} = 9,81 \cdot m_{\text{я}},$$

где $m_{\text{я}}$ – масса якоря, кг.

Соответственно

$$G_{\text{я}} = 9,81 \cdot 1897 = 18609,6 \text{ Н.}$$

Механизмы данного устройства должны соответствовать следующим требованиям:

Съёмка судна с якоря, которая состоит из притягивания судна к якорю, срыва с грунта, вытравливание якорь-цепи из воды и последующего ее стягивания в якорный клюз;

Спокойная стоянка на якорю, с использованием тормоза цепной звездочки;

Обеспечение нормальной швартовки судна при отжимном ветре 5 баллов;

Подтягивание судна к причалу с помощью турачки.

Государственным стандартом установлено 14 моделей якорно-швартовных механизмов, зависящих от их типа и ТХ (технических характеристик). Если данные механизмы разделять по скорости выборки цепи, то можно выделить три основные группы:

нормальная скорость 0,17 м/с. Данные механизмы устанавливаются на судах общего назначения;

повышенная скорость 0,40 м/с, используются на военных кораблях и пассажирских судах;

пониженная скорость 0,12 м/с, применяется на судах внутреннего плавания.

Три основные группы механизмов по типу питания:

с двигателями постоянного тока. Питание от сети;

с двигателями переменного тока. Питание от сети;

с двигателями постоянного тока. Питание от автономных преобразователей - электромашинных (системы Г-Д) или статических.

Две первые группы используют силовые кулачковые контроллеры или магнитные контроллеры с ДУ. Каждая группа электроприводов может иметь, как один, так и два приводных электродвигателя. Приводы с двумя электродвигателями применяются, в основном, для крупных механизмов, где калибр цепи больше 62 мм. В отечественной серии МАП предусмотрены двухскоростные двигатели на мощность от 2 до 10 кВт и трехскоростные – на мощность от 10 до 60 кВт.

Предварительный выбор электродвигателя

Двигатели переменного тока выбираются по пусковому моменту, где идет обязательный учет 10 % падения напряжения питающей сети

$$M_{\text{прасч}} = 1,25 \cdot \frac{M_m}{k}, \quad (1)$$

где M_m – максимальный момент, соответствующий самому сложному режиму работы; k – коэффициент, учитывающий количество исполнительных двигателей, находящихся в системе привода.

$$M_{\text{прасч}} = 1,25 \cdot 343 = 428 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Электродвигатель будет обеспечивать среднюю скорость снятия с якоря $v_{\text{ср}} = 0,15$ м/с (или 10 м/мин) в том случае, если скорость исполнительного двигателя будет не менее, чем

$$n_{\text{ср}} = \frac{3,2i}{D_{\text{зв}}}, \quad (2)$$

где передаточное число $i = 135$, $D_{\text{зв}}$ – диаметр цепной звездочки, м, который определяется по формуле

$$D_{зв} = 13,6 \cdot d = 13,6 \cdot 0,046 = 0,626 \text{ м.} \quad (3)$$

Тогда средняя скорость исполнительного двигателя

$$n_{ср} = \frac{3,2 \cdot 135}{0,626} = 690 \text{ об/мин,}$$

Рассмотрим электродвигатель, используемый на теплоходе «Orange Dream», МАП 621-4/8/24 с параметрами, приведенными в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры электродвигателя

Число полюсов 2р	4	8	24
Режим работы, мин	30	30	30
Мощность Р, кВт	30	15	3,2
Частота вращения n, об/мин	1400	695	195
Время стоянки под током после режима, °С	10	20	30
Номинальный ток при 380 В I _н , А	59	38,5	28
Максимальный момент M _м , Нм	500	550	330
Пусковой момент M _п , Нм	400	480	330
Пусковой ток при 380 В, I _п , А	300	175	42
Коэффициент мощности cos φ	0,93	0,74	0,52

Расчет производился для электродвигателя, работающего на средней скорости 695 об/мин.

Промежуточные вычисления для построения механической $\omega = f(M)$ и электро-механической $\omega = f(I)$ характеристик.

1. Угловая скорость холостого хода ω_c , рад/с

$$\omega_c = \frac{2\pi f}{4} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{4} = 78,5 \text{ рад/с,} \quad (4)$$

где $f = 50$ Гц – частота питающей сети.

2. Номинальная угловая скорость ω_n , рад/с

$$\omega_n = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 695}{30} = 72,7 \text{ рад/с,} \quad (5)$$

где n – частота вращения выбранного двигателя.

3. Номинальное скольжение s_n :

$$s_n = \frac{\omega_c - \omega_n}{\omega_c} = \frac{78,5 - 72,7}{78,5} = 0,07. \quad (6)$$

4. Номинальный момент:

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{15000}{72,7} = 206,33 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (7)$$

5. Критическое скольжение $s_{кр}$:

$$s_{кр} = s_n \cdot (m_{max} + \sqrt{m_{max}^2 - 1}) = 0,07 \cdot (2,67 + \sqrt{2,67^2 - 1}) = 0,3, \quad (8)$$

где $m_{max} = \frac{M_m}{M_n} = \frac{550}{206,33} = 2,67$ – кратность максимального момента.

6. Критическая угловая скорость

$$\omega_{кр} = \omega_c(1 - s_{кр}) = 78,5 \cdot (1 - 0,3) = 54,95 \text{ рад/с.} \quad (9)$$

7. Моменты для нахождения механической и электромеханической характеристики рассчитываем по формуле Клосса

$$M = \frac{2M_m}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s}}. \quad (10)$$

Для моментов, значение которых больше критического, воспользуемся формулой

$$M = \sqrt{M_{п}^2 + \frac{0,93M_m^2 - M_{п}^2}{1 - 1,3s_{кр}^2}(1 - s)^2}. \quad (11)$$

8. Расчет тока I , А для построения электромеханической характеристики произведен по формуле

$$I = \sqrt{(I_H^2 - I_0^2) \cdot \frac{Ms}{M_H s_H} + I_0^2}, \quad (12)$$

где I_0 – ток холостого хода двигателя:

$$I_0 = I_H \left(\sin \varphi - \frac{s_H}{s_{кр}} \cos \varphi \right) = 38,5 \left(0,67 - \frac{0,07}{0,3} 0,74 \right) = 19,15 \text{ А,} \quad (13)$$

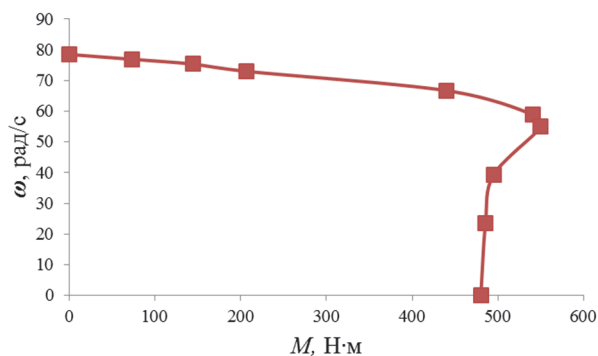
где

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0,74^2} = 0,67. \quad (14)$$

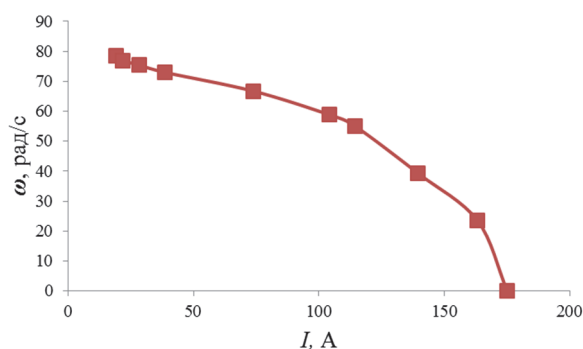
По результатам расчетов составим табл. 3.

Таблица 3 – Данные механической и электромеханической характеристики

s	0,00	0,02	0,04	0,07	0,15	0,25	0,30	0,50	0,70	1
M	0,00	73,0	144,1	206,3	440,0	540,9	550,0	494,8	485,4	480
ω	78,5	76,9	75,3	72,7	66,73	58,88	54,95	39,25	23,55	0
I	19,2	21,9	28,4	38,5	73,92	103,9	114,5	143,6	164,9	175
Режим работы	х.х.			ном.			кр.			пуск



Механическая характеристика



Электромеханическая характеристика

Характеристики электродвигателя

Выполним проверку рассматриваемого двигателя на соответствие международным нормам:

Исходя из данных диаграммы:

$$\begin{aligned}\omega_1 &= 74 \text{ рад/с}; \omega_{2\text{нач}} = 70 \text{ рад/с}; \\ \omega_{2\text{кон}} &= 75 \text{ рад/с}; \omega_3 = 69 \text{ рад/с}; \\ \omega_{4\text{нач}} &= 73 \text{ рад/с}; \omega_{4\text{кон}} = 78 \text{ рад/с}; \\ I_1 &= 29 \text{ А}; I_3 = 65 \text{ А}; I_{4\text{нач}} = 39 \text{ А}; I_{4\text{кон}} = 19 \text{ А}; \\ M_{\text{ав}_{\text{нач}}} &= 208,3 \text{ Н} \cdot \text{м}; M_{\text{ав}_{\text{кон}}} = 36,7 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ \omega_{\text{ав}_{\text{нач}}} &= 71 \text{ рад/с}; \omega_{\text{ав}_{\text{кон}}} = 78 \text{ рад/с}; \\ I_{\text{ав}_{\text{нач}}} &= 37 \text{ А}; I_{\text{ав}_{\text{кон}}} = 19 \text{ А}.\end{aligned}$$

1. Скорость выбирания якорной цепи на каждой стадии

$$v_1 = \frac{30D_{\text{зв}} \cdot \omega_1}{i} = \frac{30 \cdot 0,626 \cdot 74}{135} = 10,3 \text{ м/мин}; \quad (15)$$

$$v_2 = \frac{30D_{\text{зв}} \cdot \omega_2}{i}; \quad (16)$$

$$v_{2\text{нач}} = \frac{30D_{\text{зв}} \cdot \omega_{2\text{нач}}}{i} = \frac{18,78 \cdot 70}{135} = 9,7 \text{ м/мин};$$

$$v_{2\text{кон}} = \frac{30D_{\text{зв}} \cdot \omega_{2\text{кон}}}{i} = \frac{18,78 \cdot 75}{135} = 10,4 \text{ м/мин};$$

$$v_3 = \frac{30D_{\text{зв}} \cdot \omega_3}{i} = \frac{18,78 \cdot 69}{135} = 9,6 \text{ м/мин}; \quad (17)$$

$$v_{4\text{нач}} = \frac{30D_{\text{зв}} \cdot \omega_{4\text{нач}}}{i} = \frac{18,78 \cdot 73}{135} = 10,1 \text{ м/мин};$$

$$v_{4\text{кон}} = \frac{30D_{\text{зв}} \cdot \omega_{4\text{кон}}}{i} = \frac{18,78 \cdot 78}{135} = 10,8 \text{ м/мин};$$

$$v_{4\text{ср}} = \frac{v_{4\text{нач}} + v_{4\text{кон}}}{2} = \frac{10,1 + 10,8}{2} = 10,45 \text{ м/мин}. \quad (18)$$

2. Длительность каждой стадии t , мин

$$t_1 = \frac{L_1}{v_1} = \frac{113,33}{10,3} = 11 \text{ мин}; \quad (19)$$

$$t_2 = \frac{L_2}{v_2} = \frac{14,99}{10} = 1,5 \text{ мин}; \quad (20)$$

$$t_3 = 0,5 \text{ мин};$$

$$t_4 = \frac{h_0}{v_{4\text{ср}}} = \frac{90}{10,45} = 8,6 \text{ мин}. \quad (21)$$

3. Время полной съемки судна с якоря $T_{\text{расч}}$, мин

$$T_{\text{расч}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 21,6 \text{ мин}. \quad (22)$$

4. Средняя скорость съёмки судна с якоря $v_{\text{ср}}$, м/мин

$$v_{\text{ср}} = \frac{L_0}{T_{\text{расч}}} = \frac{218,32}{21,6} = 10,1 \text{ м/мин.} \quad (23)$$

5. Время, затрачиваемое на подъема якоря, повисшего на полностью вытравленной якорной цепи $t_{\text{ав}}$, мин

$$\begin{aligned} v_{\text{авнач}} &= \frac{30D_{\text{зв}} \cdot \omega_{\text{авнач}}}{i} = \frac{18,78 \cdot 71}{135} = 9,9 \text{ м/мин;} \\ v_{\text{авкон}} &= \frac{30D_{\text{зв}} \cdot \omega_{\text{авкон}}}{i} = \frac{18,78 \cdot 78}{135} = 10,8 \text{ м/мин;} \\ v_{\text{авср}} &= 10,3 \text{ м/мин;} \\ t_{\text{ав}} &= \frac{L_0}{v_{\text{авср}}} = \frac{90}{10,3} = 8,7 \text{ мин.} \end{aligned} \quad (24)$$

Заключение

Был произведен расчет якорно-швартовного устройства на примере имеющегося судна. В ходе работы мы рассмотрели электродвигатель МАП 621-4/8/24. Данная модель двигателей характеризуется большой частотой включений при тяжелых условиях пуска и торможения. Согласно расчетам, рассмотренный электродвигатель полностью удовлетворяет условиям Морского Регистра Судоходства по скорости и времени выборки одного якоря в нормальных технических и погодных условиях.

Библиографический список

1. Электропривод производственных механизмов: учебное пособие / Г.В. Никитенко; Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь, 2012. 240 с.
2. Савенко А.Е. Судовые электроприводы: учеб. пособие / А.Е. Савенко; ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет». Керчь, 2019. 220 с.
3. Правила классификации и постройки морских судов / Регистр СССР: в 2 т. М.: Транспорт, 1990.

Артём Алексеевич Заярный

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНб-212, Россия, Владивосток, e-mail: zaya-110202@mail.ru

Научный руководитель – Ирина Михайловна Слабженникова, канд. физ.-мат. наук, доцент

Трансформация токов короткого замыкания через трансформатор 10/0,4 кВ

Аннотация. Проведены исследования векторной диаграммы токов однофазного и двухфазного короткого замыкания, токов двухфазного короткого замыкания на землю и токов трансформации – в зависимости от группы соединений обмоток трансформаторов. По результатам исследования построены таблицы, проанализированы данные, рассчитаны теоретические значения токов однофазного и двухфазного короткого замыкания; сделаны выводы.

Ключевые слова: трансформатор, замыкание, соединение обмоток, напряжение, ток, таблица, диаграмма, значение.

Artem A. Zayarny

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-212, Russia, Vladivostok, e-mail: zaya-110202@mail.ru

Scientific adviser – Irina M. Slabhennikova, PhD, Associate Professor

Transformation of short circuit currents through a transformer 10/0.4 kV

Abstract. The paper studies the vector diagram of single-phase and two-phase short-circuit currents, two-phase short-circuit currents to earth and transformation currents, depending on the group of transformer winding connections. Based on the results of the study, tables were built, data were analyzed, theoretical values of single-phase and two-phase short-circuit currents were calculated; conclusions are drawn.

Keywords: transformer, circuit, winding connection, voltage, current, table, diagram, value.

Трансформатор – прибор для превращения переменных токов малой силы и большого напряжения в токи большой силы и малого напряжения, или наоборот, состоящий из одной первичной обмотки и одной или нескольких вторичных и ферромагнитного сердечника (магнитопровода).

В условиях эксплуатации, когда к трансформатору подведено номинальное напряжение, короткое замыкание является аварийным режимом, так как при этом в обмотках возникают токи, в 10-20 раз превышающие их номинальное значение. Эти токи резко повышают температуру обмотки, а электромагнитные силы значительно возрастают. Поэтому трансформатор должен обладать необходимой механической и термической прочностью. В его схеме должна быть предусмотрена защита, способная отключить от сети короткозамкнутый трансформатор. Такой режим работы является аварийным, а если трансформатор не будет своевременно отключен от сети, то он выйдет из строя.

На наш взгляд, изучение трансформации токов короткого замыкания в трансформаторах является наиболее актуальной проблемой в электроэнергетике в наше время, так как среди видов аварий на электроустановках чаще всего выделяют следующие:

- короткое замыкание между обмотками;
- замыкание обмотки на корпус;
- межфазные замыкания в линии;
- межвитковые замыкания;
- повреждение встроенного оборудования;
- перегрев мест подключения, электрических контактов;
- обрыв в цепи, нарушение целостности точек подключения или обмоток.

Целью данного исследования является оценка влияния группы соединений трансформатора на чувствительность защиты трансформатора.

Рассмотрим принципиальную схему трехфазного трансформатора (рис. 1).

Выводы обмоток трехфазного трансформатора размечаются в порядке чередования фаз: на стороне высшего напряжения (ВН) выводы A, B, C — начала обмоток, X, Y, Z — их концы; на стороне низшего напряжения (НН) начала — a, b, c , концы — x, y, z (рис. 1). Обмотки трехфазного трансформатора соединяются звездой или треугольником [1].

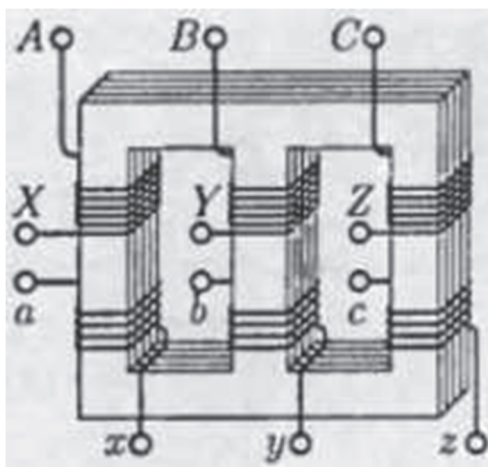


Рисунок 1 – Принципиальная схема трехфазного трансформатора

Для условного обозначения сдвига фазы вторичного напряжения по отношению к первичному принято деление трансформаторов по группам соединений. Обозначение групп соединений основано на сопоставлении относительного положения векторов высшего и низшего линейных напряжений на комплексной плоскости с положением минутной и часовой стрелок. Группе соединений дается название по положению часовой стрелки.

Для трехфазных трансформаторов выбраны две стандартные группы: 11 и 0. Группе 11 соответствует соединение обмоток «звезда/треугольник», группе 0 соответствует соединение «звезда/звезда».

При внешнем КЗ, вызванном повреждением на шинах трансформатора, по трансформатору проходят токи КЗ $I_{кз} > I_{ном}$, которые нагревают его обмотки сверх допустимого значения, что может привести к повреждению трансформатора. В связи с этим трансформаторы должны иметь защиту от внешних коротких замыканий, отключающую трансформатор для прекращения протекающего по нему повреждения.

Релейная защита должна защищать трансформатор от всех токов КЗ, и максимальных, и минимальных. Если установка защиты реагирует на самый малый ток короткого замыкания, то она реагирует и на все остальные.

С помощью *векторных диаграмм токов и напряжений* можно убедиться в правильности установки релейной защиты. Векторная диаграмма — это наиболее простой и наглядный метод оценки и проверки правильности сборки цепей тока и напряжения устройств автоматики и релейной защиты. Она освобождает от необходимости проделывать весьма громоздкие вычисления, позволяя решать поставленные задачи графически с помощью так называемого векторного изображения токов [2].

Таким образом, по условию чувствительности необходимо найти минимальный ток КЗ на защищаемом участке. Чувствительность защиты оценивается коэффициентом чувствительности $K_{\text{ч}}$, равным отношению тока КЗ в минимальном режиме к току срабатывания защиты:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.мин}}}{I_{\text{с.з}}},$$

где $I_{\text{КЗ.мин}}$ – минимальное значение тока короткого замыкания.

Для проведения эксперимента использовалась виртуальная лаборатория сайта Проект «РЗА», посвящённой защите и автоматике электрических сетей, а также смежным областям электротехники (<https://pro-rza.ru>). Мною была выбрана для исследования виртуальная модель «Трансформация токов КЗ через трансформатор 10/0,4 кВ» [3].

На изображении (рис. 2) представлен интерфейс работы. Векторные диаграммы демонстрируют трансформацию токов со стороны НН на сторону ВН. Сеть 6(10) кВ работает с изолированной нейтралью, поэтому токов нулевой последовательности на ВН нет. Токи прямой и обратной последовательности трансформируются с фазовыми сдвигами, зависящими от группы соединений трансформатора. Это приводит к тому, что абсолютные значения токов на стороне НН и ВН различаются. Так как защита трансформатора работает по токам ВН, эти различия в токах необходимо учитывать [3].

Ток нулевой последовательности на сторону ВН не трансформируется (обмотка ВН не имеет связи с землей). Коэффициент трансформации силового трансформатора – единица.

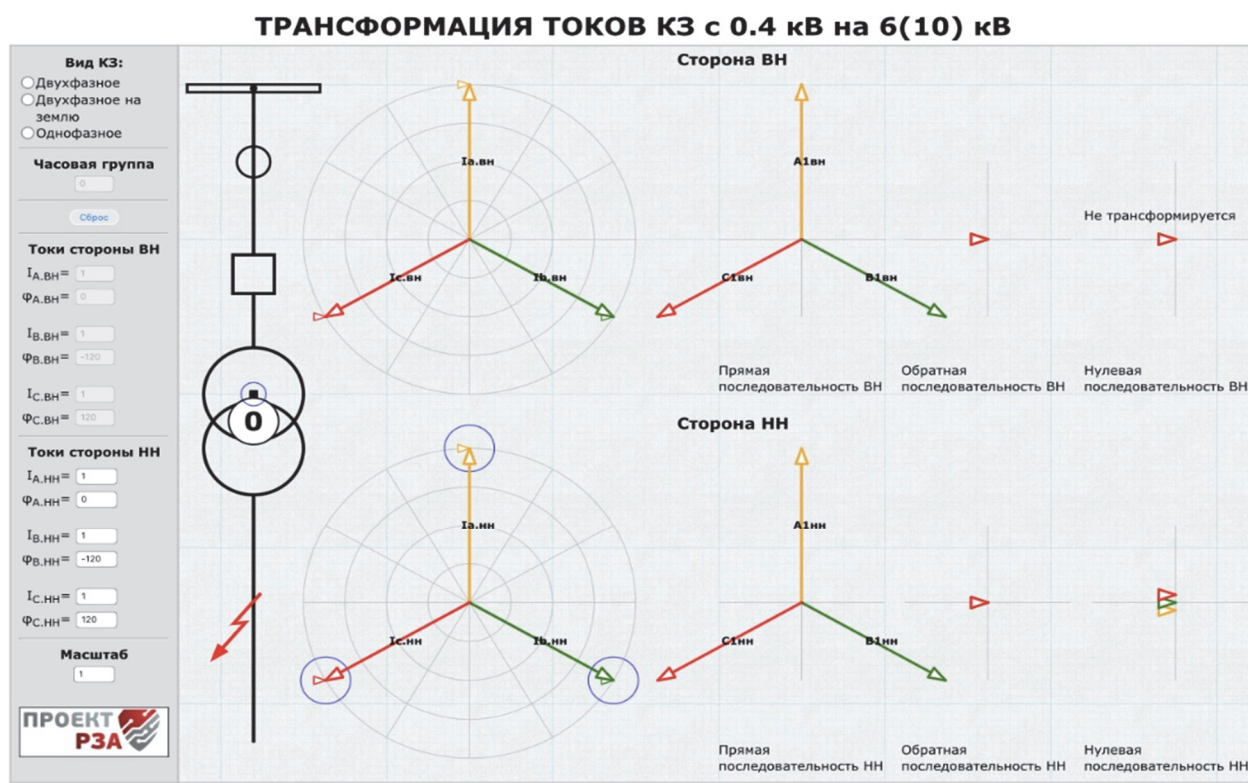


Рисунок 2 – Интерфейс работы

Часть 1

Цель: исследовать векторную диаграмму токов разного типа фаз короткого замыкания и токов трансформации в зависимости от группы соединений обмоток трансформаторов.

Методика выполнения исследования:

1. Выберем последовательно тип короткого замыкания (однофазное, двухфазное и двухфазное на землю).

2. Выберем последовательно группу соединения обмоток трансформатора 0, 11.
3. Определим последовательно для каждого типа короткого замыкания и группы соединения токи сторон низшего напряжения и высшего напряжения.
4. Полученные значения запишем в таблицу.

В табл. 1 представлены значения токов в зависимости от группы соединения обмоток трансформатора и типа короткого замыкания.

Таблица 1

Группа соединений		Однофазное КЗ			Двухфазное КЗ			Двухфазное КЗ на землю		
		I_A	I_B	I_C	I_A	I_B	I_C	I_A	I_B	I_C
0	НН	1	0	0	0	1	1	0	1	1
	ВН	0,67	0,33	0,33	0	1	1	0,33	0,88	0,88
11	НН	1	0	0	0	1	1	0	1	1
	ВН	0,58	0,58	0	0,58	0,58	1,15	0,58	0,58	1

По данным табл. 1 определим минимальное значение КЗ на защищаемом участке для двух групп соединений обмоток трансформаторов, запишем их в табл. 2.

Таблица 2

Группа соединений	0	11
Минимальный ток КЗ, А	0,33	0,58
Вид КЗ	Однофазное	Однофазное и двухфазное

Часть 2

Цель: рассчитать теоретические значения токов однофазного и двухфазного КЗ по формулам, приведенным на рис. 3. Двухфазное КЗ на землю не рассматривать, так как оно не создает граничных условий.

Группа соединений		Однофазное КЗ	Двухфазное КЗ
0	ВН	$I_A = \frac{2}{3} I_{КЗ.НН}^{(1)}$	$I_B = I_C$ $= \frac{\sqrt{3}}{2} I_{КЗ.НН}^{(3)}$ $I_{КЗ.НН}^{(3)} = 1,15$
		$I_B = I_C$ $= \frac{1}{3} I_{КЗ.НН}^{(1)}$	
11	ВН	$I_A = I_B$ $= \frac{1}{\sqrt{3}} I_{КЗ.НН}^{(1)}$	$I_A = I_B$ $= \frac{1}{2} I_{КЗ.НН}^{(3)}$
			$I_C = I_{КЗ.НН}^{(3)}$ $= I_{КЗ.ВН}^{(2)}$

Рисунок 3

В соответствии с поставленной целью, я рассчитал и записал в табл. 3 теоретические значения токов однофазного и двухфазного короткого замыкания. Вычисленные теоретические значения сравнил с экспериментальными данными.

На основании табл. 3 можно сделать вывод, что теоретические значения полностью совпадают с экспериментальными данными.

Таблица 3 – Результаты расчетов и измерений

Группа соединений		Ток	Однофазное КЗ		Двухфазное КЗ	
			теория	эксп.	теория	эксп.
0	ВН	I_A	0,67	0,67	-	0,33
		I_B	0,33	0,33	0,99	0,88
		I_C	0,33	0,33	0,99	0,88
11	ВН	I_A	0,58	0,58	0,58	0,58
		I_B	0,58	0,58	0,58	0,58
		I_C	-	0	1,15	1,15

Таким образом, результаты моего исследования показывают, что что **группа соединений трансформатора влияет на чувствительность защиты трансформатора**. В случае соединения «звезда/звезда» (0), в качестве расчетного тока КЗ для чувствительности защиты выбирается ток однофазного КЗ, в случае соединения «звезда/треугольник» (11) – двухфазного или однофазного, так как они равны.

Библиографический список

1. Чернобровов Н.В. Релейная защита: учеб. пособие. М., 1974. 679 с.
2. Векторные диаграммы в схемах релейной защиты и автоматики: практ. пособие / сост. Ф.Д. Кузнецов; под ред. Б.А. Алексеева. М.: ЭНАС, 2002. 64 с.
3. Проект РЗА [Электронный ресурс]. URL: <https://pro-rza.ru/>.

Данил Александрович Звездин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭМс-312, Россия, Владивосток, e-mail: ogorodnic_43@mail.ru

Научный руководитель – Владимир Витальевич Кирюха, доцент

Пространственный электромузыкальный инструмент терменвокс

Аннотация. Рассмотрен музыкальный инструмент терменвокс, его функциональная схема, принцип работы, составляющие, также рассмотрен терменвокс с фоторезистором.

Ключевые слова: терменвокс, электромузыка.

Danil A. Zvezdin

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMc-312, Russia, Vladivostok, e-mail: ogorodnic_43@mail.ru

Scientific adviser – Vladimir V. Kiruha, Associate Professor

Spatial electric musical instrument thereminvox

Abstract. The article considers a musical instrument theremin. Its functional diagram, principle of operation, components, theremin with a photoresistor is also considered.

Keywords: thereminvox, electronic music.

Введение

Честь называться творцом электронной музыки принадлежит советскому ученому, инженеру-физику Л.С. Термену. Именно он изобрел первый в мире ЭМИ. Экспериментируя с прибором для измерения диэлектрической постоянной газов, он обнаружил влияние руки на распределение электрического поля. Это явление и было положено в основу действия первого электромузыкального инструмента, получившего название «волны эфира». В 1921 г. изобретатель представил свое «детище» на VIII Всероссийском электротехническом съезде. Современники Л.С. Термена высоко оценили его прибор. «Изобретение электромузыкального инструмента открывает огромные перспективы... Путем электрического возбуждения можно получить такие звучания, такие интонации, которых до сих пор не знала музыка...».

Сейчас мы разберёмся в том, что же такое терменвокс. Принцип действия этого инструмента основан на изменении электрического поля, которое создается вокруг ЭМИ от перемещений человеческого тела. Изменяя положение туловища или отдельных его частей, например, рук, исполнитель тем самым воздействует на пространственную картину поля. ЭМИ воспринимает эти влияния и преобразует их в звуковые сигналы, тональность которых зависит от манипуляций человека и становится выше или ниже в такт с его движениями. Также будет показана схема терменвокса с фоторезистором и рабочая модель. Чтобы понять, каким образом пространственное перемещение руки можно превратить в звук, разберемся в устройстве терменвокса.

Инструмент состоит из двух высокочастотных генераторов, к одному из которых подключена антенна WA, смесителя, усилителя звуковой частоты и динамической головки ВА

(динамика). Пока исполнитель находится на достаточном удалении от антенны, ВЧ генераторы вырабатывают сигналы одинаковой частоты, которые поступают на смеситель. Предположим, что частоты обоих генераторов в исходном состоянии равны 90 кГц. Что произойдет при смешении двух сигналов? Чтобы понять это, необходимо отметить одну особенность смесителя – он выделяет на своем выходе колебания с частотой, равной разности частот входных сигналов. А поскольку в исходном состоянии частоты обоих генераторов равны, следовательно, сигнал на выходе смесителя в этом случае отсутствует и звука в динамической головке нет.

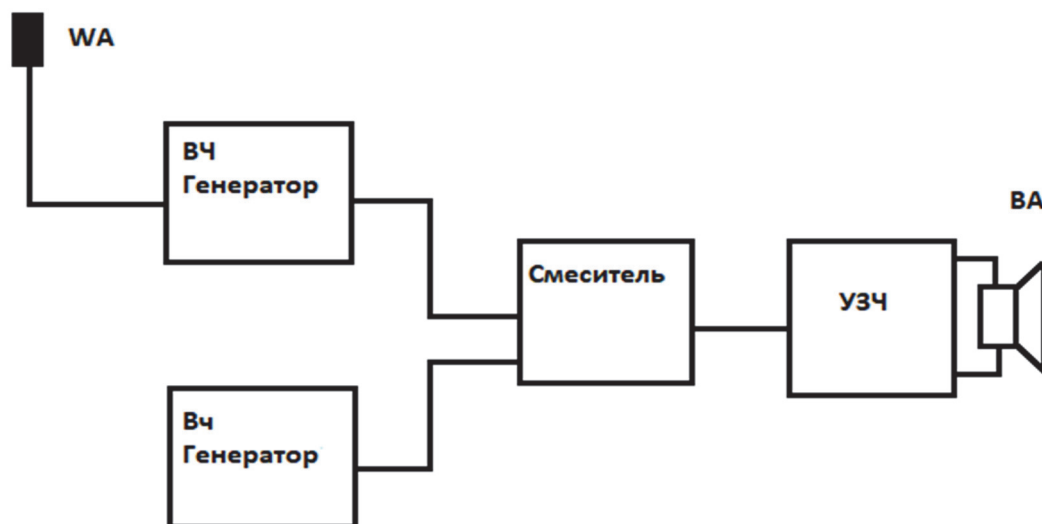


Рисунок 1 – Функциональная схема терменвокса

Но вот исполнитель поднес руку к антенне. Что теперь произойдет? Человеческое тело становится как бы конденсатором, включенным между антенной и электрическими цепями верхнего по схеме генератора, то есть емкость тела исполнителя начинает оказывать влияние на работу этого генератора. В результате изменяется частота вырабатываемых им колебаний. Предположим, она стала равной 91 кГц. Теперь при смешении сигналов возникают так называемые биения – колебания с частотой, равной разности частот обоих генераторов. В нашем случае эта разность составит 1 кГц. Сигнал с такой частотой и выделит на своем выходе смеситель. Затем произойдет его усиление, и в динамической головке раздастся звук.

Непрерывно изменяя расстояние между ладонью руки и антенной, исполнитель тем самым постоянно варьирует емкостные параметры частотообразующей цепи верхнего по схеме генератора. При этом меняется частота биений, и из инструмента извлекаются звуки различной тональности. Если в результате манипуляций, производимых исполнителем, частота электрических колебаний на выходе первого ВЧ генератора меняется в пределах, скажем, от 90 до 100 кГц, то музыкальный диапазон терменвокса будет лежать в интервале от 0 до 10 000 Гц.

Итак, исполнение музыкального произведения на терменвоксе заключается в перемещении одной или обеих рук вблизи антенны инструмента. Чтобы получить более плавное изменение высоты звука, ладонь можно держать неподвижной, а все манипуляции производить только пальцами руки.

Создание терменвокса с фоторезистором

В нашей схеме мы будем использовать вместо оригинальных антенн терменвокса – фоторезистор. Когда вы подносите руку к датчику освещенности, сопротивление фоторезистора растёт, и частота звука уменьшается. И наоборот, когда рука отдаляется от датчика, сопротивление фоторезистора падает, и частота звука увеличивается.

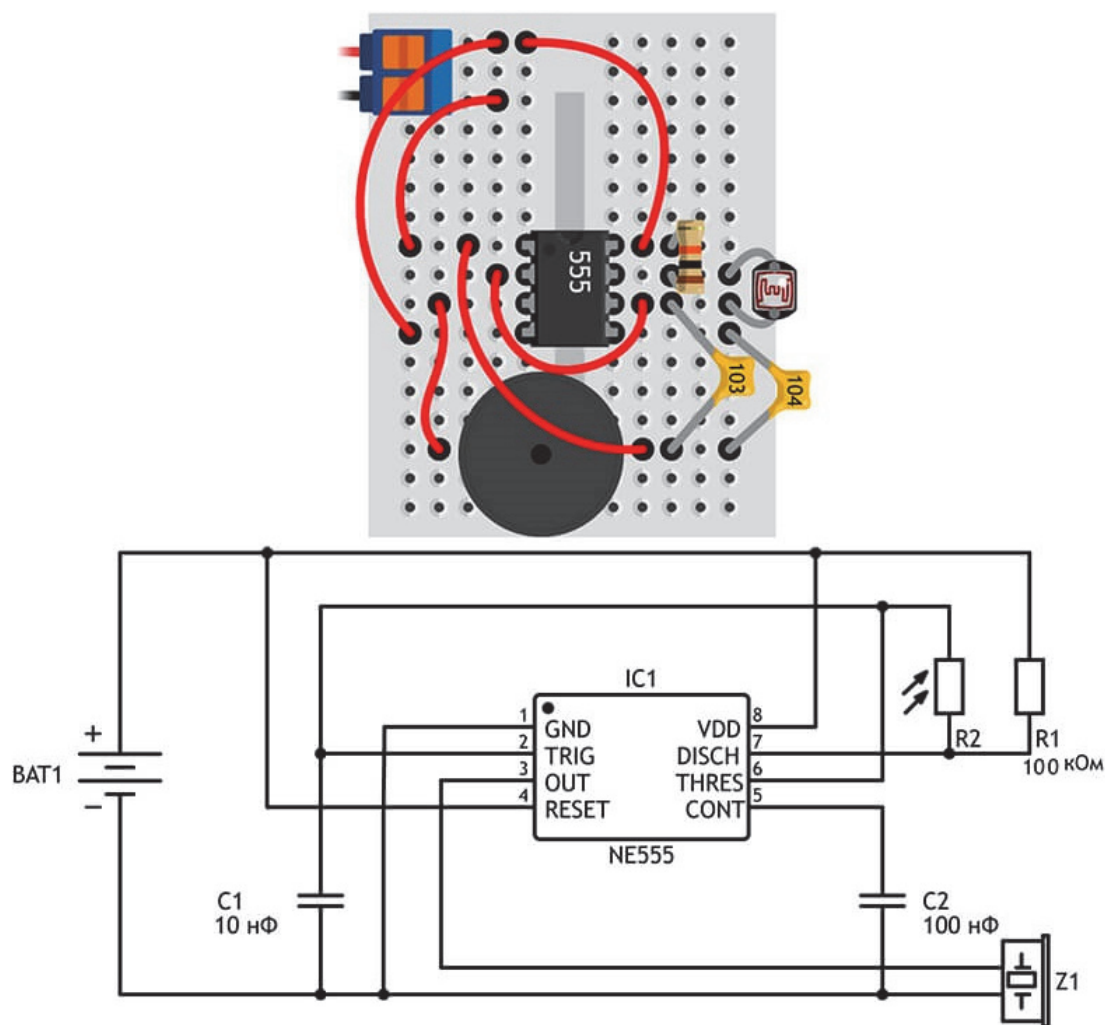


Рисунок 4 – Принципиальная схема терменвокса с фоторезистором

Заключение

Терменвокс принято считать точкой отсчета для истории мировой электронной музыки, он стал первым в мире концертным электромузыкальным инструментом и первым электромузыкальным инструментом, появившимся в массовой продаже. Лев Термен был избран почетным членом всемирной Ассоциации электроакустической музыки в 1980-е гг. это была своеобразная дань ему от мирового электроакустического сообщества.

Сейчас мы видим, что несмотря на большую историю электронной музыки и технический прогресс, терменвокс остается уникальным инструментом, с которого, с одной стороны, началась электронная музыка, но, с другой стороны, к которому электронная музыка до сих пор только стремится. Терменвокс – это живое и непосредственное управление звуком, тончайшими его нюансами. Сегодня есть целый ряд современных контроллеров звука, которые стремятся к чему-то подобному, но пока что это только шаги в сторону терменвокса.

Библиографический список

1. Электронный музыкальный инструмент Терменвокс. URL: <https://bitkit.com.ua/ru/urok-15-termenvoks-konstruktor-omka>.
2. Терменвокс: инструмент будущего родом из прошлого. URL: <https://www.audiomania.ru/content/art-7499.html>.
3. Как устроен терменвокс. URL: <https://www.popmech.ru/design/748323-kak-ustroen-termenvoks-edinstvennyy-v-mire-beskontaktnyy-muzykalnyy-instrument/>.

Кирилл Юрьевич Зиякаев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНБ-412, Россия, Владивосток, e-mail: edwardlean441@gmail.com

Научный руководитель – Юрий Михайлович Горбенко, канд. техн. наук, доцент

Ветряки и ветроэнергетика в России

Аннотация. Наряду с использованием традиционных видов электроэнергии, таких, как гидроэнергетика, тепловая энергия и атомная энергия, все чаще стали говорить об альтернативных источниках производства электроэнергии, например, солнечная энергия, энергия ветра, энергия приливов и отливов и энергия морских волн. Само собой разумеется, что в случае, когда нет технологий создания достаточно мощных солнечных панелей или приливных гидрогенераторов для достижения значительной мощности по выработке электроэнергии, то в этих относительно молодых областях энергетики на данный момент нельзя говорить о соперничестве с тепловой энергетикой или традиционной гидроэнергетикой. Однако с ветроэнергетикой ситуация несколько иная.

Ключевые слова: ветроэнергетика, возобновляемым источникам энергии, перспективы развития в России.

Kirill Yu. Ziyakaev

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-412, Russia, Vladivostok, e-mail: edwardlean441@gmail.com

Scientific adviser – Yuri M. Gorbenko, PhD, Associate Professor

Wind turbines and wind energy in Russia

Abstract. Along with the use of traditional types of electricity, such as hydropower, thermal energy and nuclear energy, it has become increasingly common to talk about alternative sources of electricity production. For example, solar energy, wind energy, tidal energy and sea wave energy. It goes without saying that in the case when there are no technologies for creating sufficiently powerful solar panels or tidal hydro generators to achieve significant power generation capacity, then in these relatively young areas of energy at the moment it is impossible to talk about rivalry with thermal energy or traditional hydropower. However, the situation with wind power is somewhat different.

Keywords: wind energy, renewable energy sources, development prospects in Russia.

Введение

Современное развивающееся общество требует все больше и больше электроэнергии, так как это определяет темпы роста уровня жизни. В связи с этим энергетики постоянно сталкиваются с двумя глобальными вызовами: обеспечение роста выработки электроэнергии при одновременном поиске способов ее экономии с точки зрения потребления.

Наряду с использованием традиционных видов электроэнергии, таких, как гидроэнергетика, тепловая энергия и атомная энергия, все чаще стали говорить об альтернативных источниках производства электроэнергии. Само собой разумеется, что в случае, когда нет технологий создания достаточно мощных солнечных панелей или приливных гидрогене-

раторов для достижения значительной мощности по выработке электроэнергии, то в этих относительно молодых областях энергетики на данный момент нельзя говорить о соперничестве с тепловой энергетикой или традиционной гидроэнергетикой. Однако с ветроэнергетикой ситуация несколько иная.

Одним из способов выработки электроэнергии является преобразование кинетической энергии воздуха (ветра) в электрическую, механическую и другие виды энергии. Механическая энергия используется в ветряных мельницах, корабельных парусах и т.д.

Электрическая энергия, вырабатываемая ветряными турбинами, является универсальным видом энергоносителя и, благодаря уже значительной распространенности технологий, используется практически во всех аспектах жизни человека.

Ветроэнергетика относится к возобновляемым видам энергии, так как ветроэнергетика связана и в настоящее время переживает стадию бурного развития из-за роста цен на традиционные энергоносители (нефть и газ), а также из-за увеличения электрической мощности серийных ветрогенераторов и их привлекательности с точки зрения окупаемости.

Обсуждение

Многие из иностранных журналистов считают, что наша страна – это спящий великан возобновляемой энергетики. Но на сегодняшний день Россия занимает лишь 64-е место по объему общей электрической мощности ветропарков в мире. Один только Китай ежегодно строит ветряков больше, чем за всю историю смогла построить Россия. Проще говоря, соревнование с нефтью и атомом возобновляемые источники энергии у нас проигрывают. Причина этому большие денежные затраты в строительстве объектов для альтернативной энергетики. Например, себестоимость 1 кВт/ч «ветряного электричества» с учетом расходов на покупку, установку и эксплуатацию соответствующего оборудования в России составляет от 6 до 18 руб. Для сравнения, госэнергетика продает 1 кВт/ч за 2-4 руб. Основа энергетики России – ископаемые источники энергии: нефть и газ. Поэтому, имея эту модель, страна будет не спеша подходить к реализации программы по ВИЭ. Эксперты уже давно определили, что Россия обладает самым большим мировым ветропотенциалом.

Энергетические ветровые зоны в России расположены в основном на побережье и островах Северного Ледовитого океана от Кольского полуострова до Камчатки, в районах Нижней и Средней Волги и Дона, на побережье Каспийского, Охотского, Баренцева, Балтийского, Черного и Азовского морей, в Карелии, на Алтае, в Туве, на Байкале. На 70 % территории нашей страны единственными источниками энергии являются дизельные или бензиновые электростанции. Например, на Крайнем Севере, где проживает более 10 млн чел., ежегодный расход топлива – 6-8 млн т. Себестоимость вырабатываемой электроэнергии составляет 10-12 руб. за кВт/ч. Ученые подсчитали, что при использовании здесь ветродизельных установок расход топлива можно сократить в два-три раза, что соответственно и снизит стоимость электроэнергии. Ветровые установки будут также выгодны и для регионов, где люди проживают в удаленных деревнях и хуторах, где транспортировка сильно увеличивает цены на топливо. Некоторые удаленные регионы Восточной Сибири тратят на него больше половины бюджета.

По признанию российских и западных экспертов у России есть все шансы выйти на лидерские позиции на рынке ветроэнергетики. Но пока эта сфера в нашей стране будет, скорее всего, развиваться несколько по иной модели, нежели в Европе, в силу большой территории, специфики расселения людей и расположения различных отраслей промышленности. Возможно, делать ставку на ветровую генерацию при развитии большой энергетики нужно в отдаленном будущем, но на сегодняшний день это совершенно нереально.

Некоторые страны особенно интенсивно развивают ветроэнергетику, в частности, в 2015 г. в Дании с помощью ветрогенераторов произведено 42 % всей электроэнергии; в 2014 г. в Португалии – 27 %; в Никарагуа – 21 %; в Испании – 20 %; Ирландии – 19 %; в Германии – 8 %; в ЕС в целом – 7,5 %. В 2014 г. 85 стран мира использовали энергию ветра на коммерческой основе. По итогам 2015 г. в ветроэнергетике по всему миру занято более 1 000 000 чел. (в том числе 500 000 в Китае и 138 000 в Германии).

Запасы энергии ветра превышают запасы энергии всех рек планеты более чем в 100 раз. Китай, Япония, Индия и Европейский Союз считают ветроэнергетику одним из приоритетных направлений в ветроэнергетике, и согласно установленным планам развития в этих странах к 2020-2030 гг. планируется достичь показателей, при которых мощности ветропарков и электростанций на традиционных энергоносителях станут соизмеримыми и достигнут 1,5-2,5 ГВт.

Как и любая промышленная технология, ветроэнергетика имеет свои преимущества и недостатки. К преимуществам, прежде всего, относится сокращение выбросов углекислого газа в целом при выработке электроэнергии на планете, поскольку ветрогенератор не сжигает органическое топливо. Использование воды также отсутствует в технологическом цикле, что также является положительным фактором. Третьим, но важным положительным фактором является минимальное использование земли, поскольку ветрогенератор практически не занимает места и при достаточной высоте установки позволяет использовать землю вокруг опорной башни для других видов деятельности, таких как сельскохозяйственные угодья, пастбища и т.д.

Это не было лишено своих недостатков. Прежде всего, это климат. Ветрогенераторы при массовом использовании отбирают часть кинетической энергии движущихся воздушных масс, тем самым несколько замедляя скорость ветра в определенной области и теоретически влияя на влажность. Также существует опасность ослабления ветров, когда они дуют через промышленные центры (возрастает вероятность образования смога в промышленных зонах или центрах густонаселенных городов с плотной застройкой и большим количеством транспортных средств). Пока исследования влияния ветряных турбин только начинают разворачиваться в этой области, и поэтому на данный момент невозможно дать точную оценку негативного воздействия на климат.

Еще одним негативным фактором при использовании энергии ветра является шум (от работы механических и электрических компонентов, который в современных моделях практически сведен к нулю). Ветряные турбины производят механический шум и аэродинамический шум (когда лопасти ветряной турбины взаимодействуют с потоком ветра. В то же время, когда лопасть проходит мимо опорной колонны, звук от нее отражается усиленным). В некоторых европейских странах (Дания, Германия, Англия и др.) ограничения по шуму для ветряных турбин различаются на законодательном уровне для дневного и ночного времени. Также регламентируются минимальные расстояния установки ветрогенераторов от человеческого жилья и населенных пунктов. Те же законы учитывают влияние низкочастотных колебаний, присутствующих в мощных ветряных турбинах, которые передаются по земле на расстояния до 100-150 м [1].

Дополнительно можно сказать об обледенении лопастей при высокой влажности и снижении температуры окружающей среды. При запуске ветрогенератора под воздействием механических сил осколки льда могут разлетаться на расстояния более 100 м, хотя при наличии небольшого обледенения были случаи улучшения аэродинамических характеристик лопастей.

Также субъективным фактором воздействия ветрогенератора является визуальная составляющая. Ландшафтные архитекторы привлекаются для его уменьшения, хотя исследования негативного визуального воздействия все еще проводятся в редких случаях и в форме опросов общественного мнения.

Нельзя не упомянуть и о негативном воздействии на животный мир. Каждый год происходят случаи гибели птиц при столкновении с лопастями ветряной турбины. Из-за постоянного увеличения количества ветряных турбин статистика в цифрах очень противоречива и поэтому здесь не приводится. И в заключение обзора недостатков необходимо упомянуть проблему создания электроэнергии ветрогенераторами. Это вызвано наличием металлических деталей в лопастях ветряной турбины и приводит к искажению или ослаблению радиосигналов. В некоторых случаях в качестве средства борьбы с этим эффектом были установлены дополнительные ретрансляторы радиосигналов.

Заключение

Ветроэнергетика, как отдельная отрасль, уже сформировалась и доказала свою жизнеспособность в мировом энергетическом секторе, иногда являясь альтернативным вариантом локального электроснабжения потребителей, удаленных от стационарных электросетей.

Библиографический список

1. Солоницын А.Г. Локальные энергосистемы и локальная энергетика в России / Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 30 мая-2 июня 2005 г. Т 1. С. 272–273 (дата обращения: 12.04.2022).
2. Солоницын А.Г. Экологичная энергетика для Приморья – реальность // Приморские зори–2005: Междунар. науч. чтения: сб. тр. 14-16 апреля 2005 г. Вып. 1. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2005. С. 87–89 (дата обращения: 12.04.2022).
3. Беккер А.Т., Солоницын А.Г. Локальная энергетика с использованием бестопливных источников как отрасль. Проблемы, перспективы. // Энергия будущего: сб. тр. М.: РАН, 17-18 декабря 2004 г. С. 254–259 (дата обращения: 12.04.2022).
4. Солоницын А.Г. Электроснабжение удаленных территорий России. Выход есть – ЛоЭС: сб. тр. Вып. 9. Владивосток: Изд-во ДВО РАН; ДВГТУ, 2004, с. 26–31 (дата обращения: 12.04.2022).

Михаил Максимович Компаев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭМс-312, Россия, Владивосток, e-mail: ogorodnic_43@mail.ru

Научный руководитель – Владимир Витальевич Кирюха, доцент

Определитель короткозамкнутых витков

Аннотация. Рассматриваются образование короткозамкнутых витков, устройство и принцип работы определителя короткозамкнутых витков.

Ключевые слова: определитель короткозамкнутых витков.

Mikhail M. Kompaev

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMc-312, Russia, Vladivostok, e-mail: medvedich007@mail.ru

Scientific adviser – Vladimir V. Kiruha, Associate Professor

Short-circuited turns detector

Abstract. The article discusses the formation of short-circuited turns, the device and the principle of operation of the short-circuited turns detector.

Keywords: short-circuited turns detector.

Введение

При изготовлении катушек индуктивности иногда возникают механические повреждения изоляции обмоточного провода. Это обычно приводит к образованию короткозамкнутых витков. ЭДС самоиндукции катушки индуктивности представляет собой вполне конкретный бросок напряжения, амплитуда которого зависит от напряжения питания разрываемой цепи, от индуктивности катушки и от ее добротности.

При экспериментальной проверке выяснилось, что если параллельно проверяемой катушке подключить неоновую лампочку типа ТН-0,2, ТН-0,3 и т.п., то при разрыве цепи источник питания-катушка ЭДС самоиндукции катушки вызывает вспышки неоновой лампочки, которые тем ярче, чем выше напряжение питания проверяемой цепи, индуктивность катушки и ее добротность.

Именно этому условию отвечают сетевые обмотки силовых трансформаторов, просто высоковольтные обмотки трансформаторов, обмотки дросселей со значительной индуктивностью, обмотки электродвигателей, т.е. именно те узлы электрооборудования, которые наиболее подвержены выходу из строя из-за электрических перегрузок, приводящих к перегреву обмоток, нарушению изоляции между витками обмотки и появлению короткозамкнутых витков. Короткозамкнутые витки могут появиться и из-за механических повреждений обмоток.

Но в любом случае при их появлении катушка индуктивности (обмотка) резко снижает свою добротность, уменьшается ее сопротивление токам промышленной частоты и она будет нагреваться выше допустимого значения, т.е. станет непригодной к дальнейшему использованию.

Короткозамкнутый дефект представляет собой нарастание потока магнитной энергии. Происходит это при включении электромагнита при средних показателях напряжения трансформатора. Падение потока наблюдается при отключении (рис. 1).

Особенность его в том, что складывается основным энергетическим потоком. Устанавливается параметр в сторону отставания, при этом угол, наблюдаемый между первичным и вторичным токами, уменьшается. При этом изменяется не только величина потока, но фаза, что является важным показателем. В обязательном порядке используются специальные механизмы для определения этого угла.



Рисунок 5 – Магнитопровод с короткозамкнутым витком

Обнаружение должно стать первостепенной задачей. Эти негативные явления проявляются в половине случаев при самостоятельной сборке трансформатора, в большей части при изготовлении контурных катушек и дросселей.

Выявить и устранить дефект нужно обязательно, так как имеющийся недостаток скажется отрицательным образом на эффективности устройства, приведет к поломке, которую тяжело починить, вызывает риск безопасности сотрудника, обслуживающего прибор.

Определение происходит по внешним признакам первоначально. Если наблюдаются видимые изменения технических показателей без причин на это, слышно потрескивание, то следует провести диагностику. Причинами возникновения являются дефекты катушки. Только с их помощью можно определить источник поражения обмотки, выявить его характеристики.

Короткозамкнутый виток не обнаруживаются при помощи омметра в стандартных по комплектации трансформаторах. Используется осциллограф с большой точностью. Прибор представляет собой генератор низкой частоты на одном транзисторе, работающий в режиме непрерывной генерации и имеющий регулировку генерации вплоть до ее срыва. Достаточно образоваться лишь одному КЗВ, чтобы увеличилось противодействие электромагнитных полей между катушками индуктивности, вызывающее уменьшение общей ЭДС в витках, и в результате транзистор запирается, что приводит к срыву генерации. Порог срыва устанавливают переменным резистором. О наличии генерации сигнализируют звук (тонкий писк) и горение светодиода. Прибор содержит три катушки индуктивности. Катушки 2 и 3 намотаны в один слой, виток к витку, на ферритовом стержне. Катушка 1 расположена поверх 2 на картонной гильзе, способной перемещаться вдоль стержня для подбора максимального свечения светодиода. Указанный на схеме (рис. 2) транзистор можно заменить на П213-П216 с любым буквенным индексом.

Подготовка прибора к работе заключается в установке генерации, близкой к срыву. Для этого нужно сделать контрольный короткозамкнутый виток, у которого диаметр провода должен быть точно таким же, как у испытываемой катушки, а диаметр самого витка - немного больше диаметра верхнего слоя обмотки. Затем вводим в КЗВ стержень прибора и, вращая движок переменного резистора, добиваемся срыва генерации. После этого КЗВ выносим за пределы стержня: генерация вновь должна возобновиться. В противном случае поверните движок переменного резистора на небольшой угол в обратную сторону. Повторите настройку заново, но при этом вращать движок нужно медленнее. Возможен случай, что при короткозамкнутом витке генерация не срывается, но значительно повышается ее частота (ощутимо на слух), и яркость свечения светодиода понижается. Такой случай возможен при проверке обмотки с малым диаметром провода до 0,15 мм.

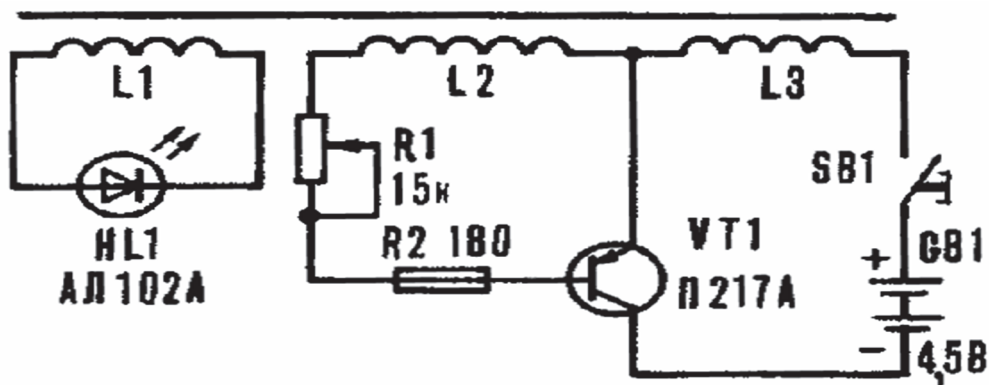


Рисунок 6 – Принципиальная схема

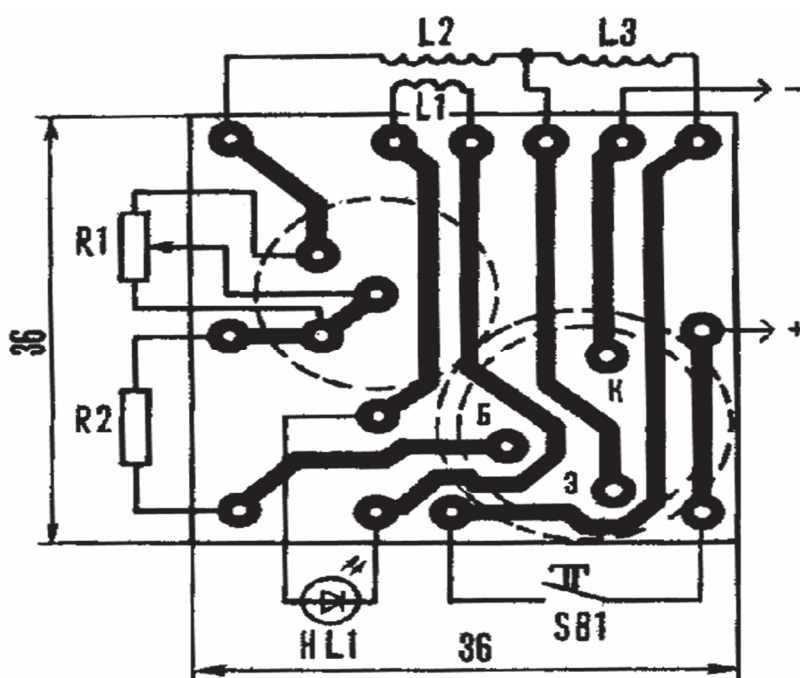


Рисунок 7 – Печатная плата

Прибор позволяет построить график чувствительности, показывающий максимальный диаметр проверяемой обмотки, зависящий от диаметра провода обмотки (рис.4). В рабочей зоне прибор четко реагирует на один КЗВ в испытываемой обмотке. Если же их количество будет большим, то рабочая зона прибора расширяется, график чувствительности выпрямляется (показано на рисунке пунктиром).



Рисунок 8 – График чувствительности

Заключение

Техническим результатом настоящего изобретения является высокая чувствительность к наличию короткозамкнутых витков, что позволяет обнаружить с одинаковой достоверностью как единичный, так и большой массив короткозамкнутых витков вне зависимости от их положения относительно каркаса обмотки.

Недостатком известного способа является невысокая достоверность определения короткозамкнутых витков в электрических обмотках с массивным стальным каркасом. Это объясняется тем, что стальной каркас, являясь мощным короткозамкнутым витком, создает в обмотке большие электрические потери, на фоне которых потери, вызванные единичным короткозамкнутым витком, значительно меньше и зависят от положения короткозамкнутого витка относительно стенок каркаса. Поэтому достоверно обнаружить потери, вызванные короткозамкнутым витком в обмотке, невозможно.

Библиографический список

1. Измерительные пробники / сост. А.А. Халоян // Радио. 2003. 244 с.
2. Гончаров Ю. Приборы-помощники // Моделист-конструктор. 1991. № 4. С. 29.
3. Как обнаружить короткозамкнутые витки URL: (ук-энерготехсервис.рф, б.д.).

Алексей Дмитриевич Кондратенко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭМс-312, Россия, Владивосток, e-mail: kondratenkoaleshka@gmail.com

Научный руководитель – Владимир Витальевич Кирюха, доцент

Устройство автоматической защиты от поражения током

Аннотация. Общетеchnические средства защиты. Без их применения введение электрооборудования в эксплуатацию невозможно. УЗО – это устройство защитного отключения, которое управляется остаточным (дифференциальным) током. Автоматический выключатель – предохранитель, только многоразовый, объединенный с выключателем (рубильником). Совместная нормальная работа последовательно включенных УЗО, АВ и их взаимодействие в случае аварийных ситуаций называют селективностью. Она необходима для того, чтобы в случае внештатной ситуации срабатывало именно то устройство, которое необходимо, а не отключалась, к примеру, вся линия. Это нужно учитывать при сложной системе подключения устройств.

Ключевые слова: средства защиты, поражение током, автоматический выключатель.

Alexey D. Kondratenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMs-312, Vladivostok, Russia, e-mail: kondratenkoaleshka@gmail.com

Scientific adviser – Vladimir V. Kiriukha, Associate Professor

Automatic protection device against electric shock

Abstract. General technical means of protection. Without their use, the introduction of electrical equipment into operation is impossible. RCD is a protective shutdown device that is controlled by a residual (differential) current. The circuit breaker is a fuse, only reusable, combined with a switch (switch), the normal operation of sequentially connected RCD, AV and their interaction in case of emergency situations is called selectivity. It is necessary so that in case of an emergency situation, exactly the device that is needed is triggered, and not the entire line, for example, is disconnected. This should be taken into account with a complex system of connecting devices.

Keywords: protective equipment, electric shock, circuit breaker.

Общетеchnические средства защиты

Использование общетеchnических средств защиты позволяет обеспечить безопасность как при эксплуатации, так и при обслуживании электрооборудования.

К таким средствам относятся автоматические выключатели, автоматы, системы изоляции и маркировка.

Средства индивидуальной защиты можно разделить на 2 категории:

Основные средства разделяются, в свою очередь, на средства, предназначенные для работы с сетями до и свыше 1000 В. В первую группу входят указатели и индикаторы

напряжения, шланги, клещи, системы изоляции, во вторую – перчатки, трапы, кронштейн-площадки, специальный инструмент с высоковольтной изоляцией.

Дополнительные средства. К ним относятся специальные диэлектрические коврики и калоши, сапоги, монтажные пояса, каски, когти и пр.

Назначение индивидуальных средств защиты – обеспечение безопасности всех систем организма.

Специальные средства защиты. Исходя из функциональности, их можно разделить на следующие группы.

Системы защитного заземления

Их применение позволяет снизить напряжение металлических частей оборудования до безопасной для человека величины. В соответствии с правилами эксплуатации электрооборудования, использование заземляющего контура обязательно.

Механизм работы защитного заземления заключается в преднамеренном соединении с землёй внешних частей электроустановок, не предназначенных для пропуска тока, в частности, корпусов и управляющих механизмов.

Системы зануления

Этот способ широко распространён для обеспечения защиты в трехфазных сетях номиналом до 1000 В. Он заключается в преднамеренном соединении металлических частей оборудования с нейтралью трансформатора, напрямую подключённой к земле.

Системы защитного отключения

Автоматический выключатель – предохранитель, только многоразовый, объединенный с выключателем (рубильником).

Он включается последовательно в линию и, если ток превысит допустимые значения, отключит линию от нагрузки (как перегоревший предохранитель). Также можно (как и выключателем) отключать и включать линию электропитания самостоятельно. Под «нагрузкой» понимается любое оборудование, начиная со сложных электрических устройств крупного предприятия, заканчивая компьютером, утюгом и лампочкой.

Отключение оборудования от линии обеспечивается двумя расцепителями (тепловым и электромагнитным), что обеспечивает практически стопроцентную гарантию срабатывания.

Тепловой расцепитель S1 – биметаллическая пластина, нагреваемая протекающим через нее током. Если протекающий ток превышает допустимый, то пластина нагревается и изгибается, тем самым приводя в действие механизм расцепления, отключающий оборудование от линии питания. Время срабатывания зависит только от тока. Поэтому это могут быть как секунды, так и десятки минут. В отличие от плавкого предохранителя, который перегорает, АВ снова готов к работе, как только пластина остынет и отпустит механизм расцепления.

Электромагнитный расцепитель S2 – соленоид, подвижный сердечник которого приводит в действие механизм расцепления линии. Соленоид – это однослойная катушка (длина проводника значительно превышает диаметр) по которой протекает ток линии питания. При протекании тока в катушке создается магнитное поле, которое напрямую зависит от этого тока. Внутри катушки находится сердечник, который при увеличении тока (следовательно, и магнитного поля) втягивается в катушку, пока не расцепит линию. Срабатывает мгновенно при превышении током допустимых значений.

Устройство защитного отключения (УЗО)

УЗО – это устройство защитного отключения, которое управляется остаточным (дифференциальным) током. Представляет собой коммутационный аппарат (либо совокупность элементов), который при превышении остаточным током заданного значения должен разомкнуть контакты и отключить линию электропитания.

Теперь более детально. Устройство защитного отключения предназначено для защиты человека от поражения электрическим током и от токов утечки, которые могут вызвать пожар. Применение УЗО необходимо, ведь с каждым днем количество электроаппаратуры и бытовых приборов растет в геометрической прогрессии, как и количество травмированных электрическим током.

Для начала стоит рассмотреть понятие дифференциального тока. У нас его называют электрическим током утечки. Возьмем для примера двухжильный кабель. Ток течет по одной жиле кабеля и возвращается по второй. Следовательно, при отсутствии тока утечки разность тока нагрузки между двумя жилами кабеля будет равна нулю. Именно на этом и основана работа УЗО. То есть, если человек прикоснется к токоведущей линии, часть тока пойдет через него в землю (протекание дифференциального тока). Причем электрическим проводником для тока утечки может быть не только человек (например, повышенная влажность в помещении при нарушении изоляции или пробой). И если в системе установлено УЗО, то его дифференциальный трансформатор отследит изменение разности токов в жилах и отключит цепь. Тем самым спасет человека либо линию электропитания от перегрева.

Ток нагрузки проходит через дифференциальный трансформатор. Появившуюся ненулевую разность в жилах фиксирует следящее устройство, оно же отключает соленоид (который больше не удерживает контакты в замкнутом положении). Цепь размыкается, линия электропитания отключается. Отключение происходит за доли секунды (в среднем это значение составляет 0,003 с).

УЗО в чистом виде получило не слишком широкое распространение, так как оно не защищает аппаратуру и себя от коротких замыканий и перегрузок в сети. Поэтому УЗО используется в комплексе с автоматическим выключателем — эта комбинация устройств и называется дифференциальным автоматом.

Для установки УЗО и АВ необходима специальная сборная шина, чтобы не нарушалось сплошное присоединение жил линии электропитания.

Совместная нормальная работа последовательно включенных УЗО, АВ и их взаимодействие в случае аварийных ситуаций называют селективностью. Она необходима для того, чтобы в случае внештатной ситуации срабатывало именно то устройство, которое необходимо, а не отключалась, к примеру, вся линия. Это нужно учитывать при сложной системе подключения устройств.

Библиографический список

1. Способы защиты от поражения электрическим током [Электронный ресурс]. URL: <https://uelektrika.ru/yelektrobezopasnost/zashhita-ot-porazheniya-yelektricheskim-to>.
2. Монтаж двухжильного кабеля [Электронный ресурс]. URL: <https://n-kabel.ru/article/Montazh-dvukhzhilnogo-kabelya/>.
3. Принцип работы УЗО [Электронный ресурс]. URL: <http://electricalschool.info/main/osnovy/1540-princip-raboty-uzo.html>.
4. УЗО. Выбор УЗО для квартиры или частного дома [Электронный ресурс]. URL: <https://elektroschyt.ru/uzo/>.

Артём Владимирович Косарев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ЭНб-312, Россия, Владивосток, e-mail: Kosarev.2020@list.ru

Научный руководитель – Сергей Александрович Вермонт

Осмоз в качестве альтернативного источника энергии

Аннотация. Осмические станции необходимы для снабжения прибрежных зон экологически чистой энергией. А также являются перспективный способ получения электроэнергии в прибрежных зонах. При должном исследовании могут стать источником дешёвой электроэнергии за счёт малых затрат на обслуживание.

Ключевые слова: осмос, ОЭС, энергетика.

Artem V. Kosarev

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-312, Vladivostok, Russia, e-mail: Kosarev.2020@list.ru

Scientific adviser – Sergey A. Vermont

Osmosis as an alternative energy source

Abstract. Space stations are necessary to supply coastal zones with environmentally friendly energy. And they are also a promising way to generate electricity in coastal zones. With proper research, they can become a source of cheap electricity due to low maintenance costs.

Keywords: osmosis, ECO, energy.

В отличие от традиционных источников электроэнергии альтернативные способы её получения распространены значительно меньше, но меньше вредят экологии и используют возобновляемые источники.

Изучение альтернативных источников энергии, является наиболее перспективным в настоящее время. По мере развития науки и техники появляются новые альтернативные источники. Одним из таких источников является прототип электростанции, работающей по принципу осмоса. Данный прототип заработал 24 ноября 2009 г. к югу от столицы Норвегии г. Осло в г. Тофте.

Ещё в прошлом веке появилась идея использовать осмос в качестве альтернативного источника энергии, но уровень развития технологий тогда не позволял создать мембраны – важнейшие элементы нового альтернативного источника – с достаточной пропускной способностью. Подсчитано, что для выгодного использования энергии осмоса требуется эффективность мембраны не ниже 5 Вт/м². Сейчас разрабатывают способы повышения пропускной способности мембран, в том числе использование новых материалов. Прототип расположенный рядом со столицей Норвегии является первым в мире преобразователем солевой энергии в электрическую. Мощность этой электростанции – 5 кВт. Дальнейшее повышение мощности возможно с помощью изменения материала мембран. На норвежской ОЭС использована спиральная мембрана из модифицированной полиэтиленовой плёнки на керамической основе. Перспективными материалами для мембран являются углеродные нанотрубки и ещё более эффективные графеновые плёнки.

Осмотическая электростанция (ОЭС) – это гидроэлектростанция, работающая по принципу диффузии пресной и соленой воды через полупроницаемую мембрану (проницаемую только для молекул растворителя), т.е. на эффекте осмоса.

Осмоз – это процесс одностороннего проникновения молекул растворителя (чистой воды в случае ОЭС) через полупроницаемую мембрану из раствора с меньшей концентрацией (пресной воды) в раствор с большей концентрацией (соленую воду).

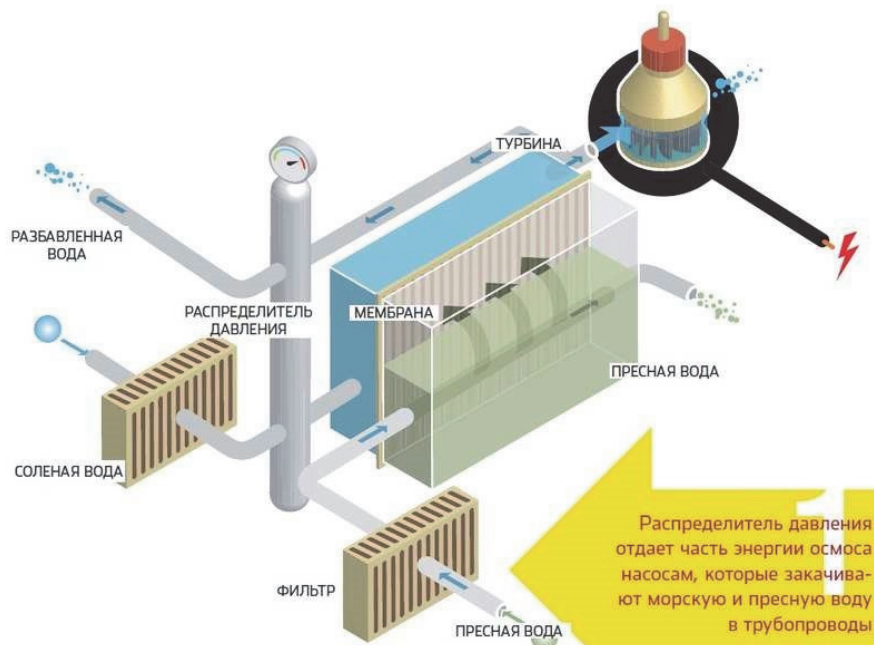


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы осмотической электростанции

Работают ОЭС следующим образом, в двух растворах, помещенных в единый сосуд с полупроницаемой мембраной, спустя некоторое время появляется разность уровней, но обязательным условием для этого является разная концентрация растворенных веществ в этих растворах. На ОЭС в качестве растворимого вещества используют морскую соль.

Если в сосуд с полупроницаемой мембраной М (рис. 2), которая пропускает только воду, поместить морскую и пресную воду, то за счет разной концентрации растворенных солей появляется осмотическое давление и уровень морской воды поднимется так как молекулы пресной воды стремятся туда, где концентрация соли больше, именно поэтому в части сосуда W_2 с морской водой объем жидкости увеличивается (рис. 2). Мембрана задерживает соли, а в отсеке с морской водой будет создаваться избыточное давление P . Перемещение молекул воды заканчивается только когда концентрация раствора в двух отсеках станет одинаковой.

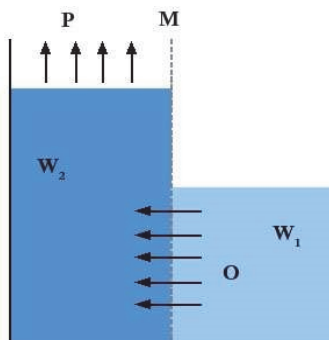


Рисунок 2 – Принцип создания избыточного давления в ОЭС

На схематичных чертежах осмотическую мембрану изображают в виде тонкой стенки. В действительности она представляет собой рулон, заключенный в цилиндрический корпус (рис. 3). В его многослойной структуре чередуются слои пресной и соленой воды. На поперечном разрезе указаны потоки воды внутри осмотического цилиндра. Чем больше таких модулей установят на станции, тем выше станет пропускная способность системы, повысится избыточное давление и она сможет вырабатывать больше энергии.

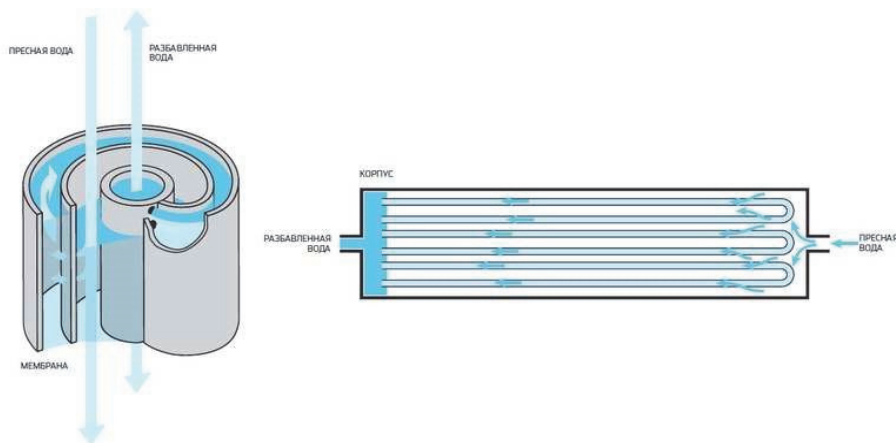


Рисунок 3 – Осмотическая мембрана

Отводимая вода из резервуара с морской водой приводит в действие гидротурбину, вырабатывающую энергию. Сила давления зависит от площади мембраны.

Расчеты показывают [3], что при концентрации солей в морской воде 35 г/л за счет явления осмоса создается давление 2389464 Паскаля или около 24 атм. На практике это эквивалентно плотине высотой 240 м.

Важной характеристикой является селективность мембран и их проницаемость. Турбины вырабатывают механическую энергию по большей части не от перепада давления, а именно благодаря расходу воды. Подходящая осмотическая мембрана должна выдерживать большое давление, иметь высокую пористость, но при этом задерживать молекулы солей. Сочетание противоречивых требований долгое время не позволяло использовать осмос в промышленных целях.

Израильский и американский учёный Сидни Лёб при создании опреснительных систем, работающих по принципу обратного осмоса, изобрел мембрану, которая выдерживала колоссальное давление и задерживала минеральные соли и частицы до 5 микрон. Применить их для прямого осмоса долгое время не удавалось, так как они были чрезвычайно дорогими и не обеспечивали необходимой мощности потока.

Прорыв в использовании осмотических мембран совершили в конце 1980-х гг. норвежские ученые Торлейф Хольт и Тор Торсен. Они предложили использовать модифицированную полиэтиленовую пленку на керамической основе. Совершенствование структуры дешевого полиэтилена позволило создать конструкцию спиральных мембран, пригодных для создания осмотической энергии. Данная технология изготовления полупроницаемых мембран позволила в 2009 г. построить и запустить первую в мире экспериментальную ОЭС в г. Тофте.

Принадлежит норвежский прототип ОЭС крупной энергетической компании Statkraft. Она получила государственный грант и стала новатором в созданном виде энергетики. Построенная осмотическая электростанция на текущий момент должна вырабатывать около 5 кВт мощности [4]. Но главной целью строительства станции было испытание технологии и проверка в реальных условиях материалов для мембран открывают путь к созданию значительно более мощных электростанций.

Норвежская электростанция расположена у устья реки, впадающей в Северное море. Морскую и речную воду подают в осмотические цилиндры. В отсеке с солёной водой осмос создаёт давление, эквивалентное водяному столбу высотой 120 м. Поток идёт на турбину, вращающую генератор.

Если вычесть ту энергию, что идёт на насосы, подающие пресную и морскую воду, то получается, что опытная станция создаёт очень мало энергии (в пределах 5 кВт). Планируется повысить мощность до 10 кВт, а потом создать ещё одну опытную станцию, вырабатывающую до одного мегаватта энергии.

Самоокупаемость станции начинается с эффективности выработки более 5 Вт с квадратного метра полупроницаемых мембран [4]. На норвежской станции в г. Тофте (рис. 4) это значение едва превышает 1 Вт/м².

Работая с материалами на основе углеродных нанотрубок, французские ученые из Национального центра научных исследований получили на образцах эффективность съема энергии осмоса около 4000 Вт/м². Это значение является рентабельным и превышает показатели многих традиционных источников энергии.

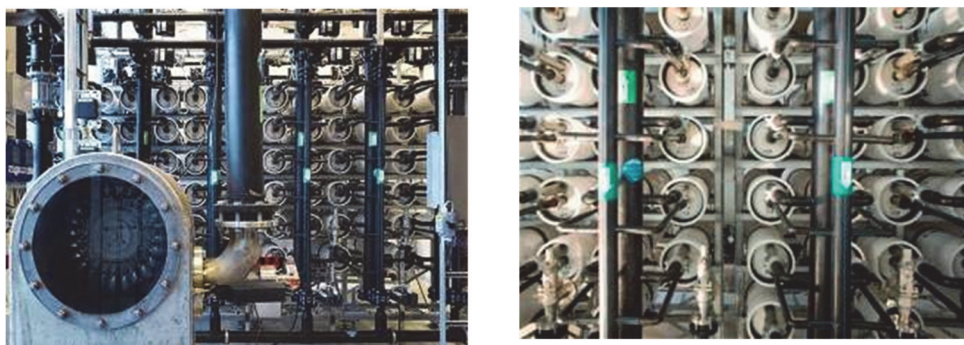


Рисунок 4 – Камера с мембранами в осмотической электростанции Statkraft в г. Тофте (Tofte) близ г. Осло

Большие перспективы обещает применение графеновых пленок. Мембрана толщиной в один атомный слой проницаема для молекул воды, но задерживает любые другие примеси. Эффективность такого материала может превышать 10 кВт/м² [4].

В дальнейшем процессе разработки данных электростанций предстоит решить массу проблем. По оценкам Statkraft, занимающейся разработкой и созданием установок, вырабатывающих возобновляемую энергию, общемировой годовой потенциал осмотической энергии составляет 1600-1700 ТВт·ч. Это примерно 10 % всего мирового потребления энергии и 50 % энергопотребления Европы.

Преимущества осмотической электростанции следующие;

- игнорирование климатических условий – ветра и солнца;
- не угрожает парниковыми газами, не создаёт выброса токсичных веществ, что позволяет устанавливать её даже в черте города;
- ресурсы, затраченные на работу электростанции, возобновляемы;
- дешёвое сырьё;
- производит постоянное предсказуемое количество энергии;
- станции не нужно строить на отдельных специальных площадках, так как они не создают вредные выбросы, например, можно оборудовать неиспользуемые помещения существующих предприятий.

Недостаток осмотической электростанции заключается в том, что её возможно использовать лишь на морских побережьях. Невозможность повсеместного её использования объясняется отсутствием одновременно в одном месте и солёной и пресной воды, но этот недостаток можно не учитывать, если создать высокоэффективные мембраны, с помощью которых можно будет использовать разность уровня соли от глубины.

К недостаткам, которые вызваны недоработкой проекта, относятся:

- небольшая мощность установок (около 2-5 кВт);
- потребность очистки мембран от забивающих микропоры органических остатков, несмотря на забор морской воды с глубины более 35 м;
- сохранность безопасности флоры и фауны (например, сооружение рыбопропускных каналов).

Перспектива развития таких электростанций рассматривается, главным образом, в Японии и России.

Перспективы использования ОЭС в России обусловлены хорошо развитой речной сетью и водным побережьем, протяженностью почти 60 тыс. км. По подсчетам специалистов при впадении Волги в Каспийское море можно получить в год около 15 млрд кВт·ч, Днепра в Черное море – 10 млрд кВт·ч, Амура в Татарский пролив – 12 млрд кВт·ч.

В 1999 г. был получен российский патент на осмотическую силовую установку, напрямую преобразовывающую осмотическое давление в механическую работу, которая может быть использована для производства электрической энергии. Установка (рис. 5) содержит корпус 2, разделенный полупроницаемой перегородкой 1 на пресный отсек 3, отдающий растворитель, и соленый отсек, принимающий растворитель. К данным отсекам трактами 7 и 5 подвода подключены соответственно источники раствора и растворителя, причем отсек раствора снабжен трактом 10 отвода отработанного раствора. Полупроницаемая перегородка выполнена в виде подвижного поршня, являющегося движущимся рабочим элементом силовой установки. Установка имеет простую конструкцию и позволяет осуществить прямое преобразование энергии осмоса.

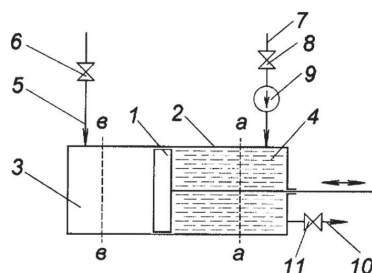


Рисунок 5 – Осмотическая силовая установка (патент RU 2176031 С2)

Группа изобретений, описываемых этим патентом, относится к области выработки электроэнергии по технологии ограниченного давлением осмоса в замкнутом контуре посредством последовательности с периодической загрузкой или посредством непрерывной последовательности с использованием двух секций. Одна из секций представляет собой вышедший из взаимодействия боковой трубопровод, в котором происходит замена разбавленного концентрата с высокой минерализацией (морской воды) на свежий раствор. Другая секция представляет собой устройство с замкнутым контуром с тремя соединенными параллельно модулями, куда непрерывно поступает раствор с низкой минерализацией (пресная вода) и где часть разбавленного концентрата с высокой минерализацией претерпевает рециркуляцию через модули.

Другая часть установки использована для выработки электроэнергии посредством турбины и трех электрогенераторов. Периодическое подключение бокового трубопровода с раствором с высокой минерализацией в замкнутый контур дают возможность замены сжатого разбавленного концентрата с высокой минерализацией на свежий раствор без остановки процесса выработки электроэнергии.

Осмотические электростанции способны работать круглосуточно, независимо от климатических условий, что выгодно отличает их от других видов альтернативных источников энергии.

Глеб Евгеньевич Кочергин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СМС-312, Россия, Владивосток, e-mail: KocherginRB@Gmail.com

Научный руководитель – Елена Петровна Матафонова, канд. техн. наук, доцент

Турбогенератор

Аннотация. Механическая энергия от турбины преобразуется в электрическую посредством вращающегося магнитного поля ротора в статоре. Поле ротора, которое создается либо установленными на ротор постоянными магнитами, либо током постоянного напряжения, протекающего в медной обмотке ротора, приводит к возникновению трёхфазного переменного напряжения и тока в обмотках статора.

Ключевые слова: турбогенератор, паровая турбина.

Gleb E. Kchergin

Far Eastern State Technical Fisheries University, SMS-312, Russia, Vladivostok, e-mail: KocherginRB@gmail.com

Scientific adviser – Elena P. Matafonova, PhD, Associate Professor

Turbo generator

Abstract. A turbo generator is a synchronous generator connected to a steam or gas turbine. The mechanical energy from the turbine is converted into electrical energy by means of the rotating magnetic field of the rotor in the stator. The rotor field, which is created either by permanent magnets installed on the rotor, or by a constant voltage current flowing in the copper winding of the rotor, leads to a three-phase alternating voltage and current in the stator windings.

Keywords: turbo generator, steam turbine.

Паровой турбиной называется тепловой двигатель с вращательным движением рабочего органа и непрерывным рабочим процессом двойного преобразования энергии пара.

Проточные части паровых турбин. Рабочий процесс двойного преобразования энергии пара (потенциальной энергии в кинетическую, и далее – в механическую работу) происходит в проточной части паровой турбины. В состав проточной части входят сопловые (направляющие) и рабочие лопатки.

Паровая турбина состоит из двух основных частей. Ротор с лопатками – подвижная часть турбины. Статор с соплами – неподвижная часть.

Сопловый аппарат предназначен для подвода пара к рабочим лопаткам первой активной ступени турбины. Часто сопловым аппаратом называют также каналы, образованные направляющими лопатками последующих активных ступеней, закрепленными в диафрагмах.

Диафрагмы устанавливаются непосредственно в корпусе турбины в специальных проточках, или собираются в обоймы, которые в свою очередь крепятся к корпусу (рис. 1). Сборка нескольких диафрагм в одну обойму позволяет упростить конфигурацию корпуса,

улучшает маневренные характеристики турбины за счет более быстрого прогрева корпуса, но несколько увеличивает диаметр и радиальные размеры турбины.

Ротором называется совокупность вращающихся деталей паровой турбины. Ротор преобразует усилия, действующие на лопатки турбины, во вращательное движение вала и передает крутящий момент на потребитель мощности.

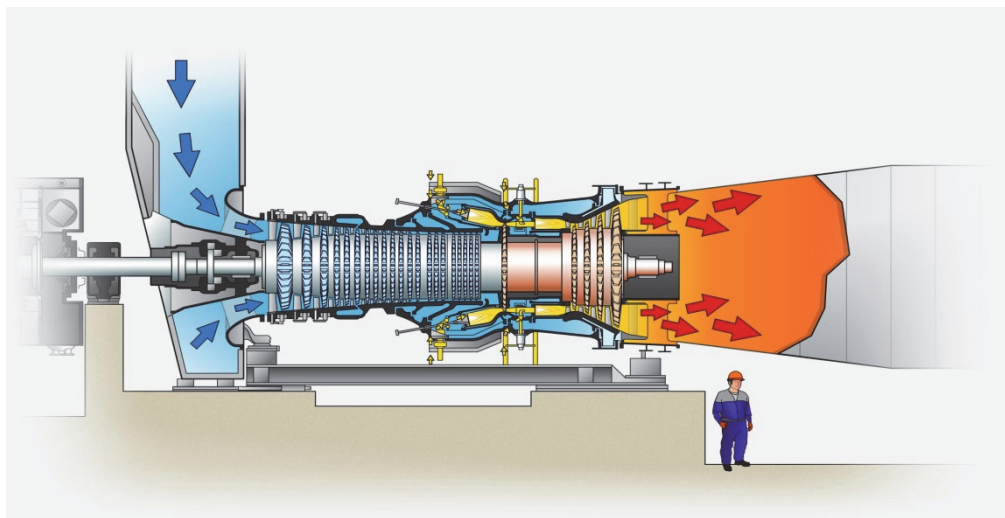


Рисунок 1 – ПТУ

Ротор турбины состоит из вала с дисками (активные турбины) или барабана (реактивные турбины), рабочих лопаток, элементов концевых и промежуточных уплотнений, паро- и маслостойких колец, шеек опорных подшипников, упорного гребня и полумуфты, соединяющей ротор с редуктором. Иногда на концы ротора навешиваются рабочие органы масляных и питательных насосов, насосов-регуляторов и элементы зацепления валоповоротных устройств. Роторы активных турбин имеют дисковое конструктивное исполнение и представляют собой вал с насаженными на него или выточенными заодно с ним дисками. Диск является основной частью ротора, участвующей в передаче крутящего момента от рабочих лопаток.

Рабочие лопатки турбины являются самым напряженным элементом паровой турбины. Они испытывают напряжения от растяжения, изгиба, кручения, воздействия высоких температур и скоростей движения пара. Кроме того, приложение нестационарных аэродинамических сил вызывает вибрацию лопаток. Влага, содержащаяся в паре, вызывает эрозионные и коррозионные разрушения тел лопаток. Учитывая тяжелые условия работы турбинных лопаток, к ним предъявляются очень высокие требования в части точности изготовления, чистоте и качеству обработки рабочей поверхности. Возбуждение турбогенератора в основном подразделяется на три типа:

- система возбуждения постоянного тока;
- система возбуждения переменного тока;
- система статического возбуждения.

Синхронный генератор переменного тока, который работает в паре с газовой турбиной, называют турбогенератором. Главная задача – преобразование механической энергии вращения ротора турбины в электрическую. Главные компоненты электрогенератора – ротор и статор. Каждый из главных компонентов включает в себя различное число элементов и систем. Ротор – вращающийся элемент генератора, статор – неподвижный.

Механическая энергия преобразуется в электрическую через магнитное поле ротора в статоре. Магнитное поле создается несколькими путями: постоянными магнитами, током постоянного напряжения. Различают несколько типов генераторов: 2-полюсные (скорость вращения 3000 об/мин.), 4-полюсные (1500 об/мин) и многополюсные. Генераторы также

различаются по типу применяемой системы охлаждения. Существуют модели с воздушным, водяным, масляным и даже водородным охлаждением. Также, не редко применение находят и комбинированные системы охлаждения.

Системы охлаждения турбогенераторов

Система воздушного охлаждения бывает либо с открытой вентиляцией, либо полностью закрытая. В системе с открытым воздухом используется атмосферный воздух, а выхлопные газы выпускаются обратно в атмосферу. В закрытой системе воздух рециркулирует внутри, чтобы охладить внутренние части генератора. Водяное охлаждение применяется непосредственно для охлаждения обмоток статора и ротора турбогенераторов при помощи подачи воды. Конструкция турбогенераторов с полностью водяным охлаждением – взрывозащищена. Турбогенераторы обладают высочайшей надежностью, улучшенной способностью к частым пускам и перегрузочной способности благодаря низким уровням нагрева и вибрации.

Судовые паровые турбины можно классифицировать по следующим признакам:

по назначению:

- на главные, передающие крутящий момент на вращение гребного вала судна; Главные турбины в свою очередь делятся на турбины переднего и турбины заднего хода;
- вспомогательные, приводящие в действие вспомогательные механизмы турбинной, парогенерирующей установок, и механизмы общесудового назначения;

по характеру рабочего процесса в проточной части:

- на активные турбины, в которых расширение пара происходит полностью в сопловом (направляющем) аппарате.
- реактивные турбины, в которых расширение пара происходит как в направляющем аппарате, так и в каналах рабочих лопаток;
- комбинированные турбины, в проточной части которых используются активные и реактивные ступени;

по начальным параметрам пара:

- на турбины перегретого пара; (используют пароперегреватели)
- турбины влажного пара;

по способу передачи мощности:

- на прямодействующие турбины, передающие вращающий момент на потребители мощности без использования передачи);
- турбины с зубчатой или электрической передачами, передающие вращающий момент на потребителя первоначально тепловая энергия пара в направляющем аппарате превращается в кинетическую энергию.

Кинетической называется энергия движения тела; в нашем случае этим телом является пар. Кинетическая энергия пара на лопатках турбины превращается в механическую работу вращения ротора.

Турбогенераторы (ТГ) широко применяются в качестве основного источника электроэнергии на судах с котлотурбинными, турбоэлектрическими и ядерными энергетическими установками. На некоторых типах судов могут устанавливаться стояночные турбогенераторы, потребляющие пар от вспомогательной котельной установки. Судовые турбогенераторы обладают следующими достоинствами: равномерностью вращения, большой быстроходностью, высокой надежностью и долговечностью (ресурс до 100000 ч), повышенной перегрузочной способностью (до 20 % от номинальной мощности) и устойчивой параллельной работой. К недостаткам турбогенераторов можно отнести относительно невысокий КПД турбопривода и достаточно большой промежуток времени для готовности к приему нагрузки. Частоты вращения роторов турбин турбогенераторов составляют обычно от 1500 до 6000 об/мин.

Газотурбинные установки (ГТУ) являются в настоящее время наиболее легкими теплоэнергетическими установками, что обусловило их применение, прежде всего в авиации, а также на легких скоростных судах. **ГТУ** являются перспективным типом **СЭУ**, так как

они сочетают в себе положительные качества ПТУ и ДЭУ, и проще по устройству. В отличие от ПТУ в ГТУ отсутствуют паровые котлы, деаэраторы, конденсаторы и ряд других элементов, входящих в состав конденсатно-питательной системы. Нет узлов с возвратно-поступательным движением, как в ДЭУ. Все это значительно повышает надежность ГТУ, упрощает обслуживание и управление установкой, дает возможность иметь меньший штат обслуживающего персонала.

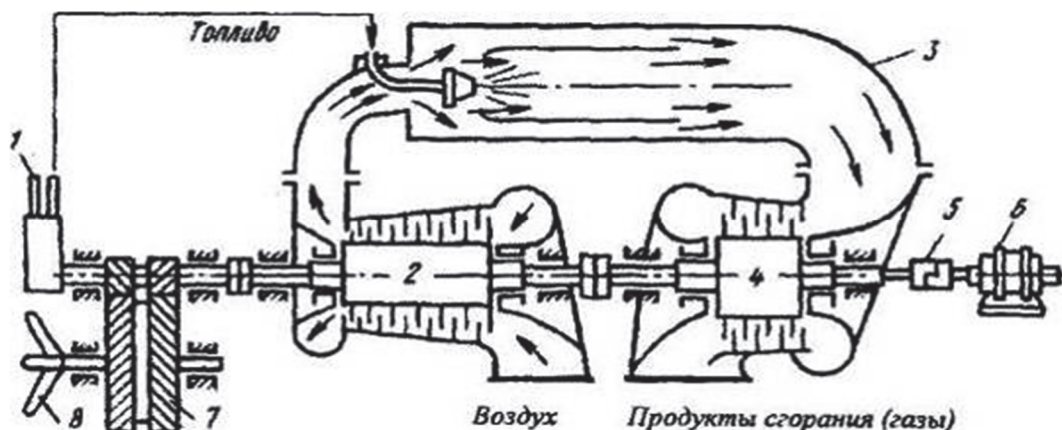


Рисунок 2 – Схема работы ГТУ

Воздушный компрессор 2 сжимает воздух, повышая его давление от p_1 до p_2 , и непрерывно подает его в камеру сгорания 3. В камеру же специальным насосом 1 через форсунку непрерывно подается необходимое количество жидкого топлива. Горение топлива происходит при постоянном давлении, следовательно, подвод теплоты осуществляется в изобарном процессе. Образующиеся продукты сгорания (газы) выходят из камеры сгорания и поступают в газовую турбину 4, где они адиабатно (без теплообмена с внешней средой) расширяются, в результате чего их температура снижается, а давление уменьшается до атмосферного. При этом турбина производит работу. Часть этой работы расходуется на привод компрессора. Разность этих работ есть полезная работа ГТУ на потребитель 8 (например, на привод винта) обычно через редуктор 7. Пуск ГТУ осуществляется пусковым электродвигателем 6 через разобщительную муфту 5.

Реверсирование ГТУ осуществляется одним из трех способов: применением ступеней заднего хода, использованием реверсивной передачи и применением ВРШ. По сравнению с другими СЭУ установки с газовой турбиной имеют ряд преимуществ, основные из которых:

- большая агрегатная мощность при минимальных удельной массе и габаритах (меньше занимаемая площадь и объем машинного помещения);
- высокая надежность, обусловленная ротативным принципом действия и простотой кинематической схемы; простота обслуживания, возможность быстрого пуска и высокая приемистость;
- потенциальные возможности дальнейшего уменьшения расхода топлива по мере совершенствования ГТУ; хорошая приспособленность к автоматизации и дистанционному управлению вследствие простоты пуска и регулирования.

Общими недостатками газотурбинных установок являются:

- относительно низкая экономичность из-за ограниченной начальной температуры газа;
- зависимость надежности и экономичности ГТУ от воздействия внешней среды;
- жесткие требования к качеству топлива и большие затраты на него;
- трудность осуществления реверса больших установок;
- большие размеры воздухо- и газоходов, обусловленные значительным избытком воздуха, подаваемого в камеру сгорания, что усложняет компоновку ГТУ на судне.

Кроме простейшей ГТУ открытого цикла, которая была описана выше, такие установки могут быть выполнены и по закрытому циклу. В этом случае в них непрерывно циркулирует одно и то же количество рабочего тела (воздух, азот или другой газ), которое после сжатия в компрессоре нагревается до заданной температуры в специальном нагревателе (нагревателем может быть и ядерный реактор), а затем расширяется на лопатках газовой турбины, как на современном атомном ледоколе «АРКТИКА».

Особенностями паровых турбин, по сравнению с другими типами тепловых двигателей, являются:

- непрерывный процесс, позволяющий при постоянной мощности обеспечить постоянные давления и температуры на отдельных участках проточной части турбины, и соответственно – постоянные термические и механические напряжения;
- отсутствие возвратно-поступательного движения, что создает благоприятные условия для работы и снижает вибрацию установки;
- практически неограниченная мощность, заключенная в одном корпусе;
- низкая стоимость постройки и ремонта;
- относительно низкие массогабаритные показатели;
- простота устройства, регулирования мощности и эксплуатации.

Исходя из условий работы, к проточным частям турбин предъявляются следующие требования:

- 1) высокая точность изготовления и высокое качество обработки деталей;
- 2) высокая точность установки направляющих и рабочих лопаток;
- 3) жесткость крепления рабочих лопаток на роторе;
- 4) отстройка деталей проточной части от резонансных колебаний;
- 5) применение материалов, обеспечивающих механическую прочность, пластичность, коррозионную и эрозионную стойкость деталей проточной части.

Библиографический список

Болдырев О.Н. Судовые энергетические установки: учеб. пособие. Ч. II. Котлотурбинные энергетические установки. Северодвинск: Севмашвтуз, 2004. 187 с.

Владислав Сергеевич Мелехов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭМС-412, Россия, Владивосток, e-mail: masandraprim@gmail.com

Научный руководитель – Валентин Яковлевич Молочков, канд. техн. наук, доцент

Измеритель солености морской воды

Аннотация. Методами измерения солености растворов является измерение их электропроводности контактными и бесконтактными методами. Контактные методы не могут быть применены в натурных условиях, обычно они используются в лабораторных условиях. В данной разработке применен индукционно-трансформаторный датчик, который представляет собой два соосных тороидальных сердечника, связанных индуктивно через магнитное поле тока, индуцируемого первичной обмоткой первого тороидального сердечника в морской воде.

Vladislav S. Melekhov

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMS-412, Russia, Vladivostok, e-mail: masandraprim@gmail.com

Scientific adviser – Valentin Ya. Molochkov, PhD, Associate Professor

Sea water salinity meter

Abstract. Methods for measuring the salinity of solutions are the measurement of their electrical conductivity, contact and non-contact methods. Contact methods cannot be applied in natural conditions; they are usually used in laboratory conditions. In this development, an inductive-transformer sensor is used, which consists of two coaxial toroidal cores connected inductively through the magnetic field of the current induced by the primary winding of the first toroidal core in sea water.

Методами измерения солености растворов является измерение их электропроводности, контактными и бесконтактными методами. Контактные методы не могут быть применены в натурных условиях, обычно они используются в лабораторных условиях.

В данной разработке применен индукционно-трансформаторный датчик, который представляет собой два соосных тороидальных сердечника, связанных индуктивно через магнитное поле тока, индуцируемого первичной обмоткой первого тороидального сердечника в морской воде.

Магнитопроводы бесконтактного датчика электропроводности выполнены в виде двух тороидов с обмотками. На одну обмотку подается напряжение с опорного генератора, со второй снимается напряжение, индуцированное токами в растворе. Два сердечника связаны только магнитными полями от токов в жидкости.

За счёт изменения солёности воды меняется активное сопротивление воды и растёт ток в растворе, индуцируемый обмоткой первого сердечника. Этот ток охватывая второй сердечник с измерительной обмоткой и индуцирует в ней напряжение пропорциональное току в рассоле. Это напряжение и является характеристикой солености (плотности) рассола.

Структурная схема индукционного измерителя солености морской воды состоит из двух основных частей: аналоговой и цифровой и приведена на плакате.

Аналоговая часть состоит из следующих узлов, показанных на структурной схеме и на принципиальной схеме аналоговой части измерителя:

- индукционно-трансформаторного датчика;
- генератора частотой 20 кГц;
- усилителя по напряжению;
- синхронного детектора;
- двух усилителей-преобразователей напряжение-ток;
- термометра сопротивления;
- неуравновешенного моста.

Цифровая часть состоит из следующих узлов и показана на структурной схеме и принципиальной схеме цифровой части измерителя:

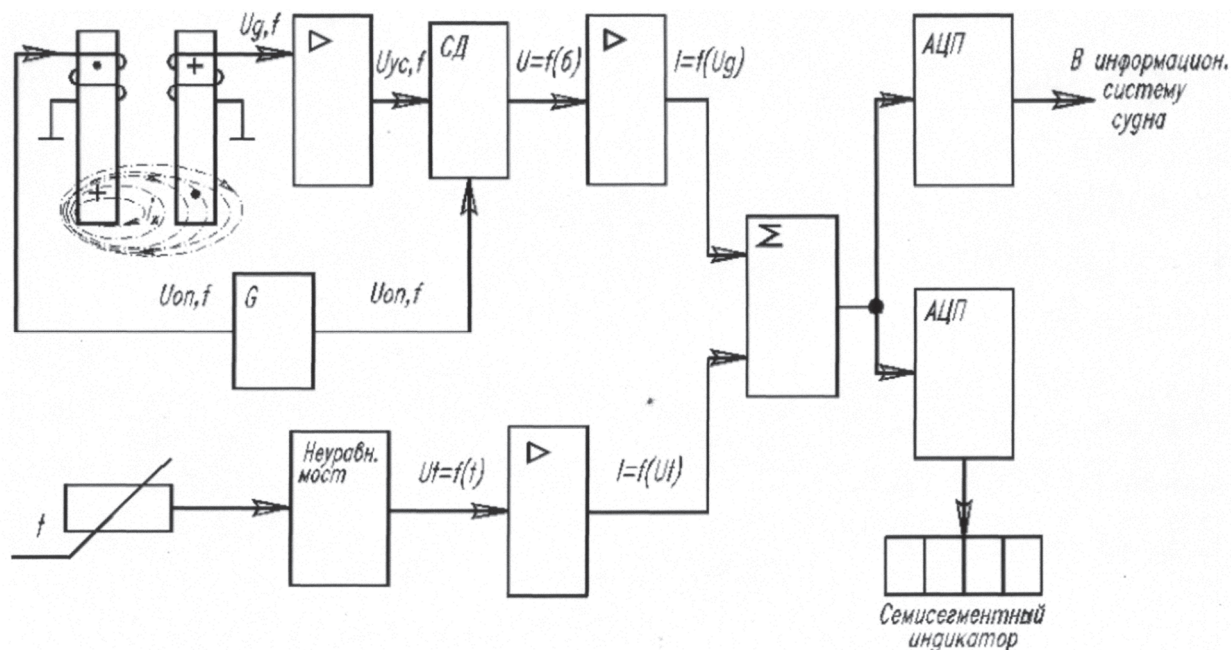
- двух аналого-цифровых преобразователей;
- семисегментного индикатора

Работа схемы происходит следующим образом.

Датчик погружается в раствор. На первичную обмотку первого тора подается напряжение частотой 20 кГц. Если проводимости нет, то магнитное поле первого тора замыкается по сердечнику тору и не влияет на сердечник и обмотку второго тора, расположенного соосно с ним. Если проводимость есть, то от магнитного поля первого тора наводится ток в проводящей среде – жидкости. Часть этого тока охватывает сердечник второго тора (смотреть датчик на структурной схеме) и наводит в нем магнитный поток. Магнитный поток второго тора индуцирует в его обмотке ЭДС, которая будет функцией проводимости среды, т.е. солёности жидкости.

Данный измеритель может использоваться в следующих условиях:

- при исследовании океана;
- при замораживании тунцов в соленом растворе у которого при определенной солёности температура замерзания опускается до $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Структурная схема индукционного измерителя солёности жидких сред

Библиографический список

1. Дерюгин К.К., Степанюк И.А. Морская гидрометрия. Л.: Гидрометиздат, 1974. 392 с.
2. Маклаков А.Ф., Снежинский В.А., Чернов Б.С. Океанографические приборы. Л.: Гидрометиздат, 1975. 384 с.

Владислав Сергеевич Мелехов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭМс-412, Россия, Владивосток, e-mail: masandraprim@gmail.com

Научный руководитель – Сергей Александрович Вермонт

Поиск неисправностей в системах управления роботами

Аннотация. Отличительной особенностью систем управления роботами является использование в них как цифровых, так и аналоговых схем, а часто – и их сочетаний. При поиске неисправностей в системах управления роботами обычно применяют три метода. Каждый из них рассматривается отдельно при описании соответствующих систем управления. Системы описываются на основе подробных функциональных схем. Это позволяет использовать методы поиска неисправностей как для цифровых, так и для аналоговых схем. Хотя отказ может произойти в любой системе, основной задачей является разъяснение методов поиска неисправностей в электронных схемах. Основное внимание уделяется электронным схемам HERO I и системе SONAR и сопряжению их с центральным процессором робота. Для удобства всем функциональным блокам и системам присвоены описательные названия. Рассматриваются решения некоторых конкретных задач, позволяющие ускорить и упростить поиск неисправностей, определить функциональные блоки и отыскать их на схеме.

Ключевые слова: HERO 1, SONAR, функциональные схемы.

Vladislav S. Melekhov

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMs-412, Russia, Vladivostok, e-mail: masandraprim@gmail.com

Scientific adviser – Sergei A. Vermont

Troubleshooting in robot control systems

Abstract. A distinctive feature of robot control systems is the use of both digital and analog circuits, and often their combinations. When troubleshooting robot control systems, three methods are commonly used. Each of them is considered separately when describing the corresponding control systems. Systems are described on the basis of detailed functional diagrams. This allows you to use troubleshooting methods for both digital and analog circuits.

Although failure can occur in any robot system, the main purpose of this chapter is to explain troubleshooting techniques for electronic circuits. The focus is on the electronic circuits of the HERO I robot and the SONAR system and interfacing them with the robot's CPU. For convenience, descriptive names have been assigned to all functional blocks and systems. This chapter provides solutions to some specific problems to speed up and simplify troubleshooting. After studying this chapter, you will be able to identify the function blocks and find them on the diagram. You will be able to use troubleshooting techniques such as divide and conquer, loop-opening, and functional diagram splitting.

Keywords: HERO 1, SONAR, functional diagrams.

Первым шагом на пути поиска неисправностей в системе управления роботами является определение характера повреждения. Для этого важно знать рабочие характеристики системы. Чем больше вы знаете о системе, тем легче уяснить назначение и местоположение различных функциональных блоков и сделать заключение о правильности их входных и выходных сигналов. Для успешного нахождения причины отказа исключительно важно хорошо разбираться в системе и ее компонентах. Наилучшими источниками, из которых можно получить подробную информацию о системе, являются инструкции по эксплуатации, описание принципа действия схем и сами схемы. Краткого изучения этих материалов достаточно, чтобы начать поиск неисправностей.

Робот – это ни что иное как вычислительная машина с несколькими весьма специализированными периферийными устройствами. Для работы ему прежде всего требуется программа. Если программист тщательно не изучил варианты предстоящего использования управляющей программы, последняя может не содержать всех необходимых данных для управления роботом, обеспечивающих правильное выполнение им задания при изменении условий работы. Бывает и так, что программист учел особенности последующего использования, но программа не прошла тщательную отладку, в ней возможны ошибки, которые проявляются только при выполнении определенных действий. Ошибки в управляющей программе функционирующего робота встречаются нечасто. Чаще ошибки находят в прикладных программах, составленных пользователем.

На эксплуатационные характеристики любой аппаратуры и особенно роботов огромное влияние оказывает окружающая среда. Известно, что человек не в состоянии ощутить все вредные воздействия, существенные для робота. Например, изменение температуры или влажности может сказаться на параметрах электрических компонентов. Электромагнитные помехи могут наводить ложные сигналы в проводах и монтажных платах, если экранирование недостаточно или неправильно выполнено. Ультразвуковые шумы, создаваемые такими источниками, как двигатели или вентиляционные трубы, могут помешать работе системы. Окружающая обстановка в разных местах может заметно отличаться. Например, робот может давать сбои в благоприятной на вид обстановке, а будучи отправлен в помещение с оборудованием для ремонта и испытания, он может работать превосходно. В таком случае вы должны вести поиск неисправности в системе в условиях, максимально приближенных к тем, при которых произошел отказ.

Когда робот подвергается экстремальным воздействиям окружающей среды, ускоряется выход из строя его механических деталей. Многие роботы оснащаются аппаратурой для обнаружения некоторых из возможных неполадок предотвращения развития повреждения. Когда же такой аппаратуры нет, механическое повреждение временами установить очень трудно. И тут требуется подробное знание принципа работы и даже конструкции робота. Например, (Рис. 1) Часть печатной платы устройства управления рукой.

Однако большая часть неисправностей в роботах происходит в электрических схемах. Наиболее часто отказывают детали, подверженные воздействию окружающей среды, такие как переключатели и провода, очень хрупкие детали, страдающие от повышения напряжений и вибрации, как, например, датчики или преобразователи.

Линейные цепи воздействия и простые контуры регулирования.

Чтобы понять последующее обсуждение, вам следует познакомиться с действием робота и его системой, а также с относящимися к ним схемами. Лучше всего для этого использовать функциональную схему. Начать следует с деления общей схемы на функциональные блоки, например, структурная схема захвата робота (рис. 2). Не синхронизируемый опорный генератор выглядит как блок, не имеющий очевидного входа, но он управляется включением и выключением источника питания. В рассмотренном случае один из разрядов порта питания разрешает подачу питания на печатные платы приемника и передатчика. Управление подачей питания осуществляется микропроцессором с помощью цифрового сигнала. Когда питание подано, система работает автономно. Каждый функциональный блок имеет также хотя бы один выход. На рассмотренном примере системы вид-

но, что выходной сигнал создается передающим преобразователем и представляет собой звук. В случае руки робота двигатели создают выходные сигналы – движения.

Линейные цепи воздействия представляют собой последовательности функциональных блоков, каждый из которых имеет только один вход и один выход. Они соединены так, что входной сигнал одного блока однозначно определяется выходным сигналом предыдущего. В рассмотренном роботе линейная цепь использована для управления двигателями руки. На рис. 3 показана структурная схема плеча робота.

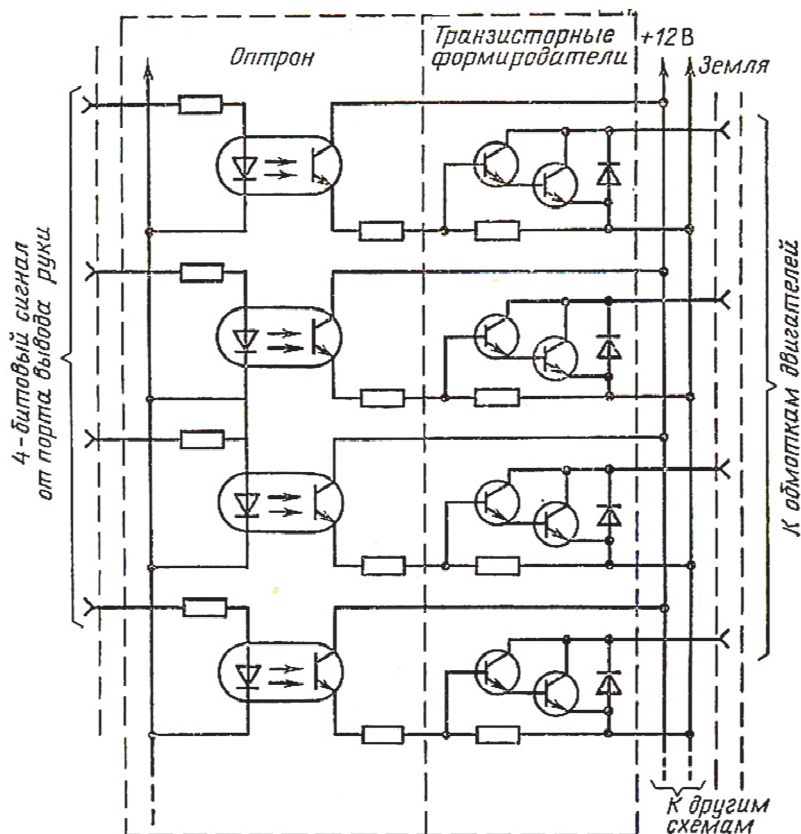


Рисунок 1 – Часть печатной платы устройства управления рукой

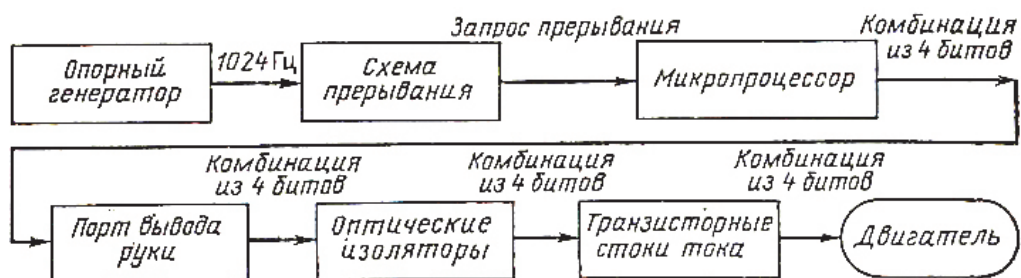


Рисунок 2 – Структурная схема захвата робота

Сигнальная цепь управления начинается с таймера системы. Когда на робота подается питание, генератор синхросигналов реального масштаба времени устанавливается в начальное состояние для генерации опорной частоты. Этот сигнал подается на схему прерывания, которая генерирует синхросигнал (запрос прерывания) и отправляет его микропроцессору, который записывает комбинацию битов в порт вывода руки. Через набор оптронов сигнал поступает на транзисторы, формирующие токи обмоток двигателя, в результате выходная ось двигателя начинает вращаться.

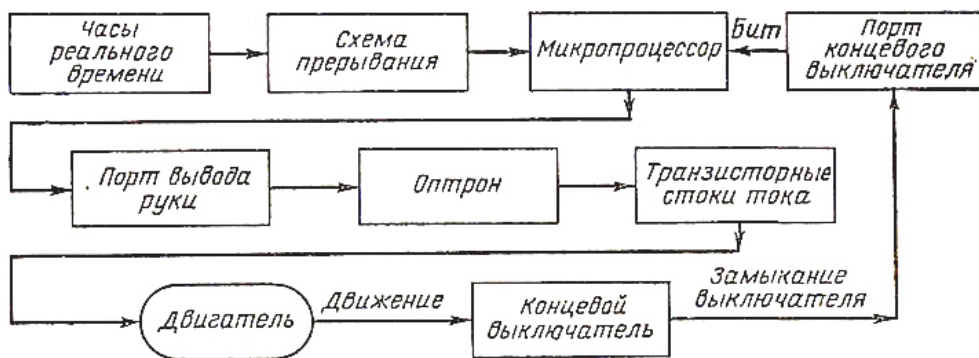


Рисунок 3 – Структурная схема плеча робота

Наиболее часто при отыскании неисправностей роботов используется метод, называемый здесь «разделяй и властвуй». Он применяется в случае линейных цепей воздействий, подобных руке робота. Его принцип прост. Во-первых, определите местоположение блока на схеме, про который известно, что у него на входе правильный сигнал, и другого блока, у которого на выходе сигнал неправильный. Проверьте выходной сигнал блока, расположенного приблизительно посередине между этими блоками. Если выходной сигнал правильный, неисправность произошла между этим и последним блоками. Если сигнал неправильный, неисправность следует искать между этим и первым блоками. Процесс повторяют пока не будет найден неисправный блок или компонент. Каждый раз при использовании этого метода количество блоков, которое осталось проверить, сокращается наполовину. Пример. Предположим, что на руку робота подано питание, захват открыт и подана команда сжать его. Однако вы обнаруживаете, что он не подчиняется. Вы знаете, что питание подано на генератор импульсов реального времени и что выходная ось двигателя не вращается. На схеме (рис. 3) точкой, находящейся на полпути между генератором импульсов истинного времени и двигателем, является порт вывода руки. Проверьте выходные сигналы порта руки, чтобы выяснить, правильная ли там комбинация битов. Если комбинация битов правильная, неисправность, вероятно, произошла в цепи управления ближе к двигателю. Напротив, если комбинация неправильная, отказ имеет место ближе к генератору импульсов истинного времени. В каждом случае количество блоков, подлежащих исследованию, сокращается вдвое. Последовательно применяя этот метод, нетрудно быстро определить неисправный блок.

В контуре регулирования сигнал с выхода последующего блока подается обратно на предыдущий, в результате чего изменяется его выходной сигнал. На рис. 4 представлена схема связи, содержащей концевой выключатель и порт ввода в цепь двигателя плеча руки робота. Если двигатель плеча работает достаточно долго, рука займет включения обратной предельное положение. При этом замкнется концевой выключатель порт предельного положения будет подан цифровой сигнал. Функция блока микропроцессора изменяется. Если комбинация битов, считанная из порта предельного положения, показывает, что концевой выключатель не замкнут, и на включении опроса порта положения перед записью следующей комбинации битов микропроцессор продолжит работу, если замкнут – нет.

При поиске неисправностей в системе с контуром регулирования часто бывает необходимо разомкнуть этот контур и моделировать сигнал. В результате функциональные блоки можно представить, как линейные цепи управления. Поскольку блоки теперь разделены, можно применить метод «разделяй и властвуй». Пример. Чтобы определить, правильный ли сигнал на выходе микропроцессора, необходимо иметь входные сигналы. Это достигается путем размыкания контура регулирования (рис. 4). Здесь выход концевой выключателя отсоединяется от порта предельного положения и вместо него подсоединяется другой выключатель. Таким способом легко моделировать размыкание и замыкание концевой выключателя и проверить сигнал на выходе микропроцессора. В этом примере выходной сигнал концевой выбран потому, что его легче всего моделировать, с той же целью можно вращать вручную двигатель или менять комбинации битов для возбуждения оптрона, но сделать это труднее.

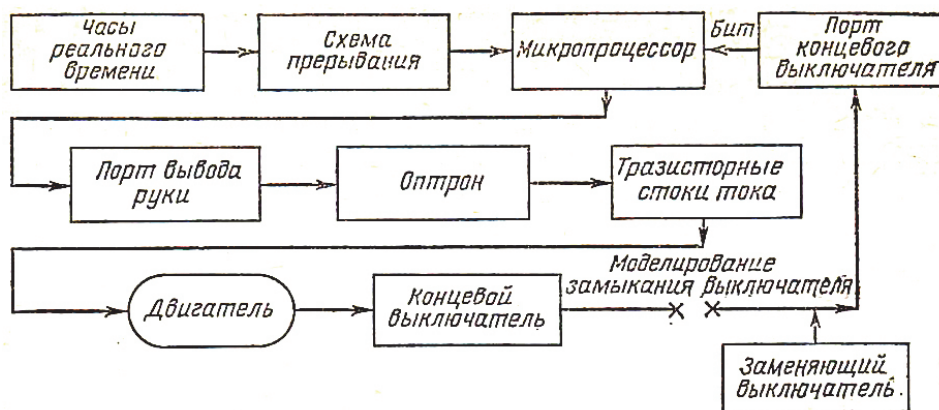


Рисунок 4 – Структурная схема плеча робота с разомкнутым контуром

Сложные контуры регулирования.

До настоящего момента рассматривали только простейшие системы управления. Однако большинство систем значительно сложнее. Вместо линейных цепей или одиночных цепей обратной связи эти системы содержат множественные контуры регулирования, параллельные цепи, модифицированные сигналы и различные другие особенности, усложняющие процесс поиска неисправностей.

Часто функциональные блоки бывают значительно сложнее тех, которые мы рассмотрели ранее. Хорошим примером является блок микропроцессора. Его функции в системе включают разрешение процессора питания, реакцию на прерывание системы, считывание интервала и подтверждение факта, что имела место ответная реакция. Этот блок имеет несколько входов и выходов (рис. 5).

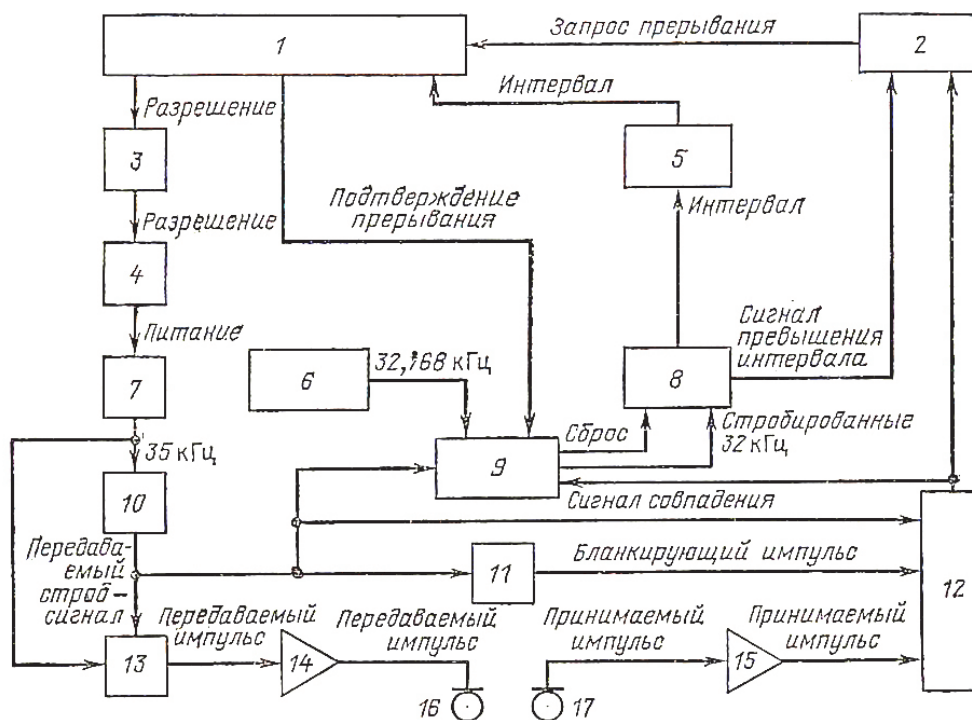


Рисунок 5 – Структурная схема системы

- 1 – микропроцессора, 2 – схема прерывания, 3 – порт питания, 4 – источник питания, 5 – порт интервала, 6 – опорный генератор, 7 – генератор поворотной платформы, 8 – счетчик интервала, 9 – вентиль интервала, 10 – логические схемы передатчика, 11 – моностабильная схема, 12 – детектор совпадений, 13 – вентиль передатчика, 14 – управляющая схема, 15 – усилитель, 16 – преобразователь передатчика, 17 – преобразователь приемника

Другим примером является управлять потоком импульсов от опорного генератора к счетчику интервала и сбрасывать счетчик в соответствующий момент. Вентиль открывается передним фронтом стробирующего сигнала передачи, закрывается вентиль интервала, который должен при получении сигнала совпадения и сбрасывает счетчик интервала, при получении следующего стробирующего сигнала или сигнала прерывания подтверждения приема. Эти блоки выполнены на нескольких интегральных схемах и дискретных компонентах. Однако в некоторых случаях довольно сложные функциональные блоки могут быть выполнены на одной интегральной схеме. Например, детектор совпадений представляет собой одну интегральную схему, состоящую из двух независимых ждущих мультивибраторов.

Библиографический список

1. Булгаков А.Г., Воробьев В.А., Попов В. П. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление [Электронный ресурс]. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. 486 с.
2. Ловин Д. Создаем робота-андроида своими руками [Электронный ресурс]. М.: ДМК-Пресс, 313 с.
3. Предко М. Устройства управления роботами, схемотехника и программирование [Электронный ресурс]. М.: ДМК-Пресс, 2010. 406 с.

Илья Вадимович Мельников

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНб-312, Россия, Владивосток, e-mail: melnikov.2001.ru@gmail.com

Научный руководитель – Елена Петровна Матафонова, канд. техн. наук, доцент

Автоматизированная система освещения предприятий рыбопромышленной отрасли

Аннотация. Для производительности труда любого предприятия необходимо создать комфортные условия работы. Создание этих условий требует рассмотрения ряда факторов среды, в которой работает человек. Помещения рыбохозяйственного производства имеют достаточно физических параметров, таких, как температура воздуха, влажность, уровень шума, освещенность, вентиляция. Чтобы создать комфортные условия для работника необходимо достаточно хорошее внутреннее освещение помещения. Восприятие работником этих параметров можно измерить и привести к соответствующим нормам. Хорошее освещение помещений предприятия должно соответствовать оптимальным световым требованиям [СП52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение]. Согласно исследованиям, при грамотно организованном свете на рабочем месте эффективность труда повышается на 10 %. Для достижения наилучшего результата был разработан программно-аппаратный комплекс, который позволяет решить проблемы затрат на электроэнергию, снизить расходы на техобслуживание светильников, повысить надёжность эксплуатации системы освещения за счёт автоматизированного контроля состояния элементов системы, обеспечение возможности дальнейшего расширения системы.

Ключевые слова: автоматическое управление освещением, производственное освещение, энергоэффективность.

Ilya V. Melnikov

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-312, Russia, Vladivostok, e-mail: melnikov.2001.ru@gmail.com

Scientific adviser – Elena P. Matafonova, PhD, Associate Professor

Automated lighting system for enterprises of the fishing industry

Abstract. For the productivity of any enterprise, it is necessary to create comfortable working conditions. The creation of these conditions requires consideration of several factors of the environment in which a person works. The environment of the fishery premises has enough physical parameters, such as air temperature, humidity, noise level, illumination, ventilation. To create comfortable conditions for the worker, sufficiently good interior lighting of the room is necessary. The employee's perception of these parameters can be measured and adjusted accordingly. Good lighting of the premises of the enterprise requires the creation of optimal lighting requirements, because. "Natural and artificial lighting SP52.13330.2011", etc. According to studies, with well-organized lighting in the workplace, labor efficiency increases by 10%. To achieve the best result, a software and hardware complex was developed. This complex allows you to solve the problems of energy costs, reduce the cost of maintenance of fixtures, improve the reliability of the lighting system due to automated monitoring

Keywords: automatic lighting control, industrial lighting, energy efficiency.

- постоянное освещения рабочих мест;
- формирование определенного уровня освещения в зависимости от времени суток, времени года и т.д.;
- формирование определенного уровня освещения в зависимости от присутствия людей на предприятии;
- снижение затрат на электроэнергию;
- формирование определенного уровня освещения в зависимости от рабочего места (цех, склад, офис).

В наше время лучше всего использовать для освещения цехов рыбопромышленной отрасли, складов хранения, разделочных и сортировочных участков светодиодные светильники. В качестве первого примера можно рассмотреть устройство светодиодной лампы, разработанной фирмой «СЭА Электроникс» с применением специализированных микросхем. Электрическая схема такой лампы показана на рис. 1.

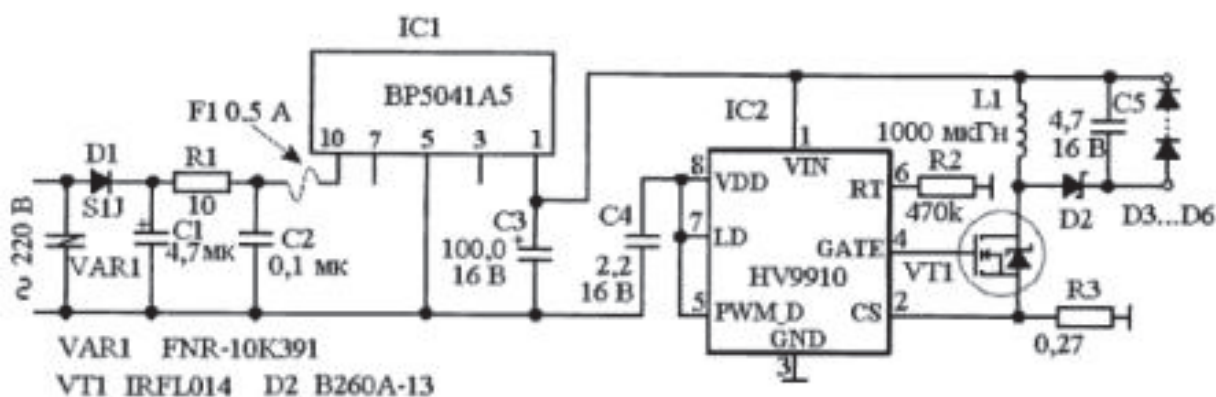


Рисунок 1 – Схема светодиодной лампы фирмы «СЭА Электроникс»

- RC-фильтр входного напряжения на базе конденсатора C2; (рабочее напряжение от 450В) и резистора R1 (сопротивлением 10...20 Ом);
- диод D1 (обратное напряжение от 800В, ток выпрямления от 500 мА);
- предохранитель F1;
- конденсатор фильтра выходного напряжения C3;

- IC1 – преобразователь переменного напряжения в постоянное BP5041 (рис. 2);
- IC2 – ШИМ-стабилизатор тока на базе микросхемы HV9910 (рис. 3);
- светодиоды D3...D6 типа TWW9600.

В данной схеме (рис. 1) в качестве источника питания используется мостовой выпрямитель, на выходе которого устанавливается сглаживающий конденсатор С2. Схема содержит 20 светодиодов с номинальным током в 20 мА и падением напряжения до 3,7 В. Стабилитроны VD2 и VD3 при последовательном соединении обеспечивают стабилизацию напряжения на уровне 77 В. Установку светодиодов стоит выполнять на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита. «Интеллект» светильника реализуется с помощью интегрированного в корпус блока питания специализированного контроллера. Помимо управления работой светильника (вкл. / выкл., установление требуемого уровня освещения), контроллер поддерживает связь по силовым проводам со шкафом. В частности, контроллер обеспечивает следующие параметры светильника: напряжение и потребляемый ток на выходе, моточасы светильника, мощность излучения, включение и отключение. Также при неполадках срабатывает предохранитель и сообщает об аварии диспетчеру [1]. Данные светодиодные лампы в 5-6 раз экономичнее галогеновых, люминесцентных. Прочная конструкция и герметичный корпус позволяют работать в среде повышенной влажности, при разных температурах. Благодаря повышенной цветопередаче снижает травматизм, повышая уровень безопасности. Отсутствие световых пульсаций увеличивает производительность труда, т.к. зрительная усталость работника снижается. Также они считаются безопасными для окружающей среды, так как не имеют вредных веществ.

Замена светильников является наиболее эффективным комплексным мероприятием, так как включает в себя замену ламп, повышение КПД светильника, оптимизацию светораспределения светильника и его расположения. Автоматизация происходит из-за дистанционного или автоматического управления освещением. За счёт уровня освещения производится деление разных зон, в которых меняется яркость ламп. Благодаря этому происходит экономия электроэнергии на 45 % [2].

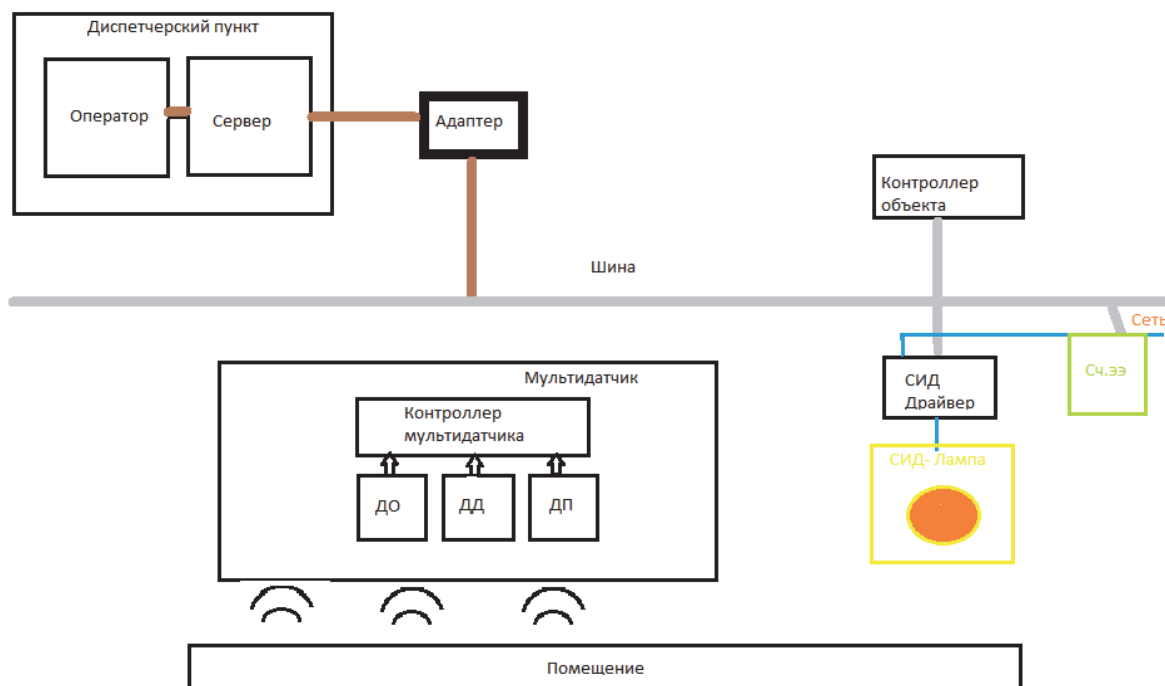


Рисунок 2 – Структурная схема АСУ освещением

Рассмотрим классическую трехуровневую структуру автоматизированной системы на энергетических объектах рыбной отрасли. Нижний уровень представляет «Умные» светодиодные светильники (см. рис.1), которые обеспечивают оптимальный уровень освещения

предприятия. Средний уровень – шкаф системы пункта включения. Верхний уровень – центральный диспетчерский пункт с автоматизированным рабочим местом.

Сигнал, поступающий от лампы с источником электроэнергии, обеспечивающими определённый уровень освещённости, формируется контроллером объекта освещения после обработки информации, поступающей от мультидатчика (датчика освещённости ДО, датчика движения ДД или датчика присутствия ДП), который сообщает контроллеру об обстановке на объекте: уровне естественной и искусственной освещённости (ДО) и о присутствии людей (ДД или ДП). Мультидатчик, подключённый к шине интерфейса, передаёт информацию контроллеру объекта или серверу диспетчерского пункта [3]. За счёт оперативного получения информации диспетчер может выслать ремонтную бригаду для устранения неисправностей. Благодаря этому сокращается время ремонта, и предприятие может работать в нормальном режиме.

Автоматизированные системы управления освещением, предназначенные для использования в общественных зданиях, выполняют следующие типичные для этого вида изделий функции:

- точное поддержание искусственной освещённости в помещении на заданном уровне. Достигается это введением в систему управления освещением фотоэлемента, находящегося внутри помещения и контролирующего создаваемую осветительной установкой освещённость. Уже только одна эта функция позволяет экономить энергию за счет отсечки так называемого "излишка освещённости";

- учет естественной освещённости в помещении. Несмотря на наличие в подавляющем большинстве помещений естественного освещения в светлое время суток, мощность осветительной установки рассчитывается без его учета.

- если поддерживать освещённость, создаваемую совместно осветительной установкой и естественным освещением, на заданном уровне, то можно еще сильнее снизить мощность осветительной установки в каждый момент времени;

- в определенное время года и часы суток возможно даже использование одного естественного освещения. Эта функция может осуществляться тем же фотоэлементом, что и в предыдущем случае, при условии, что он отслеживает полную (естественную + искусственную) освещённость. При этом экономия энергии может составлять 20-40 %;

- учет времени суток и дня недели. Дополнительная экономия энергии в освещении может быть достигнута отключением осветительной установки в определенные часы суток, а также в выходные и праздничные дни. Эта мера позволяет эффективно бороться с забывчивостью людей, не отключающих освещение на рабочих местах перед своим уходом. Для ее реализации автоматизированная система управления освещением должна быть оборудована собственными часами реального времени;

- учет присутствия людей в помещении. При оборудовании системы управления освещением датчиком присутствия можно включать и отключать светильники в зависимости от того, есть ли люди в данном помещении. Эта функция позволяет расходовать энергию наиболее оптимально, однако ее применение оправдано далеко не во всех помещениях. В отдельных случаях она может даже сокращать срок службы осветительного оборудования и производить неприятное впечатление при работе. Получаемая за счет отключения светильников по сигналам таймера и датчиков присутствия экономия электроэнергии составляет 10-25 % [4];

- дистанционное беспроводное управление осветительной установкой. Хотя такая функция не является автоматизированной, она часто присутствует в автоматизированных системах управления освещением благодаря тому, что ее реализация на базе электроники системы управления освещением очень проста, а сама функция добавляет значительное удобство в управлении осветительной установкой.

Методами непосредственного управления осветительной установкой является дискретное включение/отключение всех или части светильников по командам управляющих сигналов, а также ступенчатое или плавное снижение мощности освещения в зависимости от этих же сигналов.

Ввиду того, что современные регулируемые электронные ПРА имеют ненулевой нижний порог регулирования, в современных автоматизированных системах управления освещением применяется комбинация плавного регулирования вплоть до нижнего порога с полным отключением ламп в светильниках при его достижении.

Если цех, склад или другое здание имеет вытянутую форму, в нем разумно установить линейные потолочные приборы. Для организации локального светового потока подходят купольные решения. Если в производственное помещение попадает естественный свет, работа искусственного источника должна подстраиваться под него. Эта задача решается ручным включением и выключением осветительных приборов или использованием датчиков и таймеров, которые срабатывают автоматически на всей площади или в отдельных секторах.

Промышленные сооружения проектируются с учетом утвержденных нормативов. Действующие стандарты позволяют организовать комфортные и безопасные рабочие места. Требования и нормы перечислены в своде правил СП52.13330.2011 (ранее – СНиП 23-05-95) «Естественное и искусственное освещение». Также инженеры руководствуются СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий», ГОСТ 15597-82 «Светильники для производственных зданий. Общие технические условия» и отраслевыми стандартами [5].

Приведем краткую формулировку основных правил проектирования, изложенных в этих нормативах.

Уровень освещенности в промышленном цеху или другом сооружении соответствует тому разряду работ, которые в нем выполняются.

Яркость одинакова на всей площади помещения. Этого достигают окрашиванием стен и потолков в светлые оттенки.

Используемые светильники имеют спектральные характеристики, которые обеспечивают правильную цветопередачу.

В поле зрения человека отсутствуют объекты с выраженными отражающими поверхностями. Это позволяет избежать возникновения прямой и отраженной блескости и тем самым исключить вероятность ослепления.

Помещение равномерно освещается на протяжении рабочих смен.

Исключена вероятность возникновения на рабочих местах резких и динамических теней, которые приводят к увеличению травматизма.

Светильники, провода, щиты, трансформаторы находятся в безопасных для окружающих местах.

Заключение

Таким образом, использование автоматизированной системы светодиодного освещения ламп можно смело считать экономично оправданным и безопасным решением на рыбопромышленном предприятии, так как оно гарантирует комфортную работу, не неся финансовые затраты на электроэнергию. Новый уровень развития освещения предприятий достигается благодаря переходу на светодиодные источники света, которые просты в управлении и не требуют постоянной замены.

Библиографический список

1. Как устроены светодиодные лампы. URL:<http://elektrik.info/main/praktika/299-kak-ustroeny-svetodiodnye-lampy.html>.
2. Методика расчета экономии электроэнергии в действующих осветительных установках помещений при проведении энергетического аудита / Лоскутов А.Б., Шевченко А.С.
3. Энергоэффективное электрическое освещение: учеб. пособие / С.М. Гвоздев, Д.И. Панфилов, Т.К. Романова и др.; под ред. Л.П. Варфоломеева. М.: Изд. дом МЭИ, 2013. 288 с.
4. Системы автоматического управления освещением зданий. URL:<http://electricalschool.info/main/lighting/409-sistemy-avtomaticheskogo-upravlenija.html>.
5. Промышленное освещение. URL: https://interlighting.ru/blog/2820_industrial-lighting.

Владимир Андреевич Мотрий

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СМС-312, Россия, Владивосток, e-mail: motriy2021@mail.ru

Научный руководитель – Елена Петровна Матафонова, канд. техн. наук, доцент

Системы управления и автоматизации дизель-генераторными агрегатами

Аннотация. Дизельные генераторные установки используются в местах без подключения к электросети или в качестве аварийного источника питания в случае сбоя сети, а также для более сложных приложений, таких, как пиковый разрыв, поддержка сети и экспорт в электросеть. Правильный размер дизельных генераторов имеет решающее значение, чтобы избежать низкой нагрузки или нехватки энергии.

Ключевые слова: дизель-генераторные установки, электросеть, источник питания, нагрузка, генератор.

Vladimir A. Motriy

Far Eastern State Technical Fisheries University, SMS-312, Russia, Vladivostok, e-mail: motriy2021@mail.ru

Scientific adviser – Elena P. Matafonova, PhD, Associate Professor

Control and automation systems for diesel generator sets

Abstract. Diesel generator sets are used in places without a power grid connection or as an emergency power source in the event of a network failure, as well as for more complex applications such as peak burst, network support and export to the power grid.

Keywords: diesel generator sets, power grid, power source, load, generator.

Введение

Дизельный генератор (также известный как дизель-генераторная установка) представляет собой комбинацию дизельного двигателя с электрическим генератором (часто генератором переменного тока) для выработки электрической энергии. Это частный случай двигателя-генератора. Дизельные генераторные установки используются в местах без подключения к электросети или в качестве аварийного источника питания в случае сбоя сети, а также для более сложных приложений, таких как пиковый разрыв, поддержка сети и экспорт в электросеть. Правильный размер дизельных генераторов имеет решающее значение, чтобы избежать низкой нагрузки или нехватки энергии.

Размеры генераторов

Генерирующие установки выбираются на основе электрической нагрузки, которую они предназначены для питания, характеристик электрической нагрузки, таких как кВт, кВА, var, содержания гармоник, импульсных токов (например, пускового тока двигателя) и нелинейных нагрузок. Также необходимо учитывать ожидаемую нагрузку (например, аварийную, основную или непрерывную мощность), а также условия окружающей среды (такие как высота, температура и выбросы выхлопных газов).

Большинство крупных производителей генераторных установок предлагают программное обеспечение, которое будет выполнять сложные расчеты размеров, просто вводя условия площадки и подключенные характеристики электрической нагрузки.

Дизель-Генераторная установка

Упакованная комбинация дизельного двигателя, генератора и различных вспомогательных устройств (таких как основание, навес, шумоподавление, системы управления, автоматические выключатели, водонагреватели рубашки и система запуска) называется «генераторной установкой» или «генераторной установкой» для краткости.

Размеры комплектов варьируются от 8 до 30 кВт (также от 8 до 30 кВА однофазные) для домов, небольших магазинов и офисов с более крупными промышленными генераторами от 8 кВт (11 кВА) до 2 000 кВт (2 500 кВА трехфазные), используемыми для крупных офисных комплексов, заводов и других промышленных объектов. Комплект мощностью 2000 кВт может быть размещен в 40-футовом (12 м) ISO-контейнере с топливным баком, органами управления, оборудованием для распределения электроэнергии и всем другим оборудованием, необходимым для работы в качестве автономной электростанции или в качестве резервного резерва для сетевого питания. Эти устройства, называемые силовыми модулями, представляют собой генераторные установки на больших трехосных прицепах весом 85 000 фунтов (38 555 кг) или более. Комбинация этих модулей используется для небольших электростанций, и они могут использовать от одного до 20 единиц на одну силовую секцию, и эти секции могут быть объединены для привлечения сотен силовых модулей. В этих больших размерах силовой модуль (двигатель и генератор) доставляются на площадку на прицепах отдельно и соединяются вместе с большими кабелями и кабелем управления, образуя полную синхронизированную силовую установку. Существует также ряд опций для адаптации конкретных потребностей, включая панели управления для автозапуска и распараллеливания сети, акустические навесы для стационарных или мобильных приложений, вентиляционное оборудование, системы подачи топлива, выхлопные системы и т.д.



Рисунок 1 – Дизельный генератор на нефтяном танкере

Автоматизация дизель генераторных установок

Блок управления дизель-генераторной установкой БУ-ДГУ выполняет несколько важных задач:

- 1) автоматический запуск и останов дизель-генераторной установки (ДГУ) по заданному алгоритму;
- 2) быстрый запуск ДГУ для электропитания объекта и подзарядки АКБ при прекращении подачи электроэнергии от внешнего источника;
- 3) своевременный останов дизель-генератора для перехода на основное или аккумуляторное электропитание при фиксировании;
- 4) восстановления основного электроснабжения.

Схема автоматического запуска готова к работе при включении автоматов Q1, Q2, Q3 и установке переключателя S1 в положение 1 «Авто-запуск». В случае уменьшения напря-

жения или частоты тока сети ниже допустимых значений получает питание катушка реле K1, в цепи которой замыкаются контакты реле напряжения валогенератора K2.1 и промежуточного реле частоты тока K3.1. Катушки K2 и K3 включены на шины ГЭРЦ.

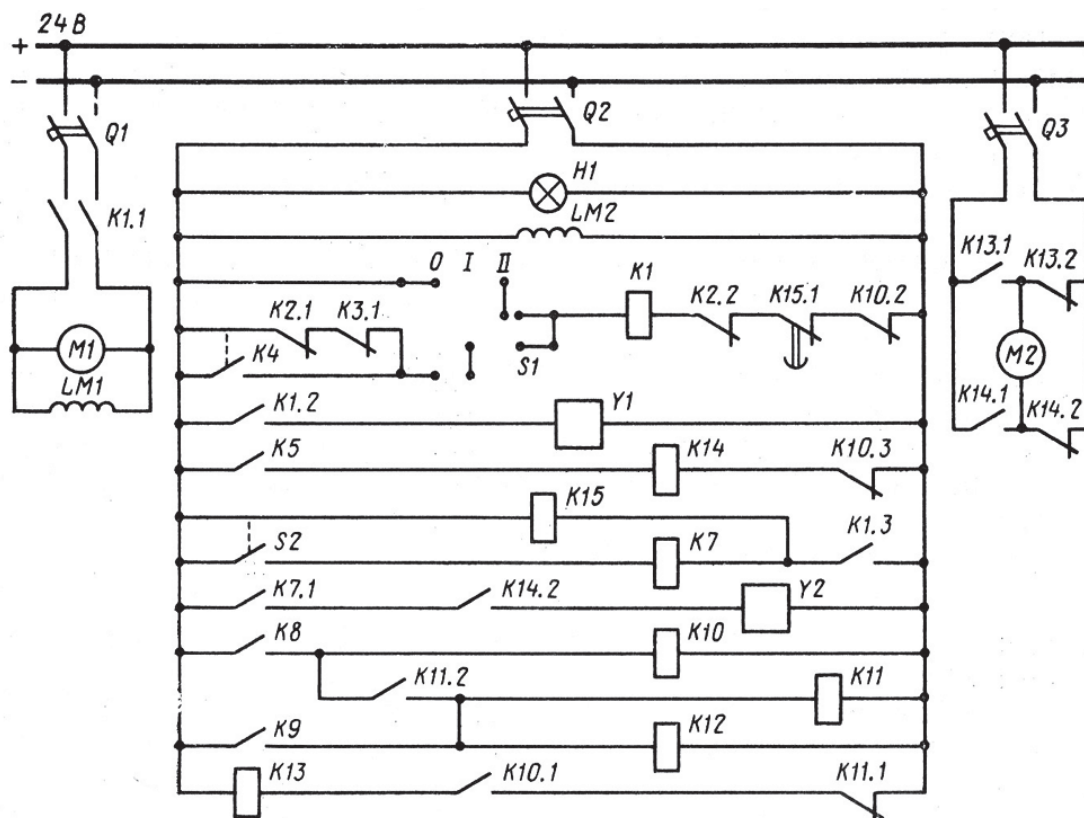


Рисунок 2 – Схема автоматического пуска дизель-генератора

Автоматический запуск возможен также при выходе из строя второго дизель-генератора, контакт K4 аварийного реле которого включен параллельно контактам K2.1 и K3.1. Контакты реле K1 замыкаются в цепи питания электродвигателя M1 маслопрокачивающего насоса. Дизель прокачивается маслом, и в смазочной системе создается давление, приводящее к срабатыванию реле давления S2. Одновременно с помощью электромагнита Y1 снимается защелка электромагнита останова (стоп-устройства). Регулятор скорости K5 включает контактор K14. Электродвигатель M2 устанавливает рейку топливного насоса на режим пуска. При замыкании контакта K1.3 получают питание реле времени запуска K15, осуществляющее блокировку пуска по времени, и катушка реле разрешения пуска K7. Контакт K7.1 включает электромагнит Y2 подачи пускового воздуха, дизель начинает вращаться. Если запуск прошел нормально и дизель перешел на работу на топливе, в цепи катушки реле K10 замыкается контакт реле K8. Контакт K10.2 в цепи реле K1 размыкается. Последнее своим главным контактом K1.1 отключает электродвигатель прокачки маслом, а контактом K1.3 разрывает цепь питания катушек реле K15 и K7. Реле K7, отключаясь, обесточивает электромагнит Y2. Подача пускового воздуха к дизелю прекращается. Реле K15 возвращается в исходное положение. Катушки реле скорости K5, K8, K9 на схеме не показаны.

По мере возрастания частоты вращения дизеля замыкается контакт реле K9, включающий реле K11 и K12. Контакт K11.1 отключает реле увеличения частоты вращения K13, контакты реле K12 включают цепи сигнализации и защиты по минимальному давлению масла (на схеме не показаны). Повышение частоты вращения прекращается, так как контакт K13.1 останавливает электродвигатель M2 регулятора скорости дизеля, размыкаясь в цепи его якоря. Дизель-генератор работает с установившейся частотой вращения.

Система дистанционного автоматизированного управления главным двигателем FАНМ-S

Система FАНМ-S (рис. 3) предназначена для дистанционного управления главными дизельными двигателями судна с мостика. Система позволяет осуществлять прямое регулирование посредством машинного телеграфа (МТ) без вмешательства операторов в центральном посту управления (ЦПУ) или машинном отделении (МО).

Система унифицирована, что дает возможность использовать ее для управления двигателями марок «Бурмейстер и Вайн», «Зульцер», «Пильстик», «М.А.Н.» и «Фиат».

Благодаря наличию в системе FАНМ-S программируемого центрального процессора (ЦП) она легко приспособляется для управления двигателями других типов.

Аппаратура системы предназначена для управления низкооборотными двигателями и двигателями с ходом средней скорости как в одномашинном, так и в двухмашинном комплексе. Аппаратура системы FАНМ-S реализует следующие основные функции:

- регулирование топливоподачи при пуске в зависимости от скорости судна;
- программа разгона, выбираемая в зависимости от условий эксплуатации данного типа двигателя;
- быстрое прохождение через интервал критической скорости;
- два выходных задающих устройства для надежного регулирования подачи топлива;
- контроль за работой датчиков и задающих устройств и, в определенных случаях, автоматический переход в другой режим эксплуатации двигателя;
- отыскание повреждений в ЦП при помощи микропроцессора; имитирующее устройство, позволяющее выполнять всесторонние проверки функционирования системы.

Аппаратура системы подразделяется на три отдельных блока:

- панель управления с мостика;
- панель управления из ЦПУ;
- центральный аппаратный шкаф.

Обе панели управления и МТ соединены с центральным блоком, а также с датчиками, тахометрической системой, конечными выключателями И исполнительными элементами регуляторов на главном двигателе и связанных с ним системах подачи топлива и продувочного воздуха.

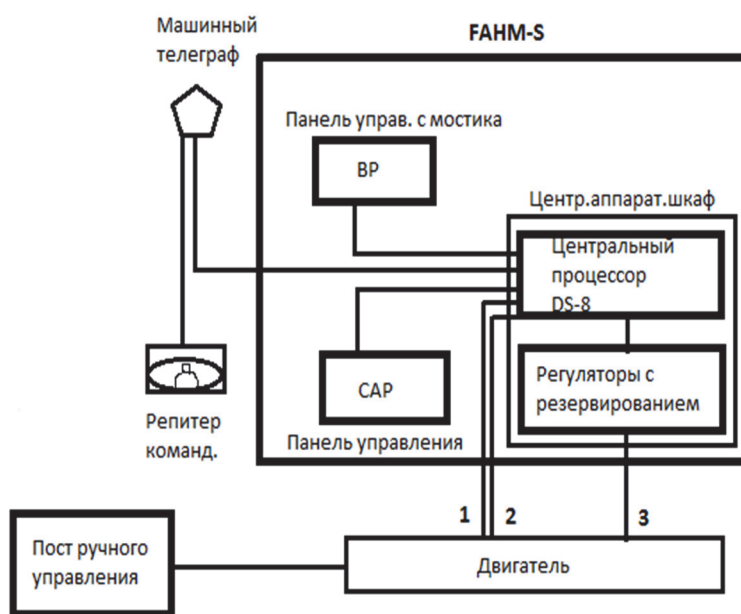


Рисунок 3 – Функциональная схема системы ДАУ ГД FАНМ-S:

1 – сигналы к соленоидам и от конечных выключателей; 2 – сигналы обратной связи от датчиков топливоподачи; 3 – сигнал к исполнительному элементу

К центральному блоку могут быть подключены различные телеграфные системы.

Устройства, смонтированные на панели управления из ЦПУ, в основном те же, что и на панели управления с мостика, с той лишь разницей, что:

- исключено аварийное управление;
- в том месте, где на панели управления с мостика расположен потенциометр затемнения ламп, а на панели CRP размещен потенциометр ограничения топливоподачи или скорости вращения вала.

Центральный аппаратный шкаф содержит (сверху вниз):

- блок питания;
- стандартную мнемосхему;
- программируемый процессор (DS-S);
- шасси с автоматическими выключателями и имитатором; разъемы.

Для управления двигателями центральный блок содержит две независимые системы: центральный процессор (DS-S) 11 электронные регуляторы с устройствами резервирования ДЛР для регулирования числа оборотов вала и топливоподачи. Центральный аппаратный шкаф предназначен для установки в ЦПУ.

Конструкция регулятора скорости двигателя позволяет применять его 11а машинах как местным регулятором Скорости, так и без него. Управление местным регулятором осуществляется через электрогидравлический преобразователь (I/P).

Если двигатель оснащен местным регулятором скорости, то для компенсации нелинейности его характеристик осуществляется автоматическое регулирование уставки скорости.

Работа электронного регулятора осуществляется согласно программе хронирования запуска двигателя, контролирующей величину ускорения вплоть до достижения 80 % максимальной скорости машины, а также скорость замедления двигателя от 100% максимума. После Достижения 80 % максимальной скорости двигателя величину ускорения контролирует микропроцессор через минимальный селектор.

При реализации аварийной программы используется та же аппаратура, что и при выполнении программы хронирования, причем аварийная программа управляет разгоном машины от 0 до 100 % максимальной скорости, благодаря чему разгон осуществляется в течение нескольких минут. Реальное значение этого времени регулируется.

Электронный регулятор скорости оснащен устройством защиты от разноса двигателя, характеризующимся очень коротким временем срабатывания.

Включение защитного устройства происходит автоматически, как только скорость машины превысит 94 % максимальной. Уставка скорости двигателя задается на 5-7 % выше, чем значение скорости, устанавливаемое на машинном телеграфе, Таким образом, включение защитного устройства произойдет в момент, когда сигнал обратной связи от датчика истинной скорости машины достигнет величины этой модифицированной уставки. Микропроцессор может сообщаться с электронным регулятором через входы ускорения и замедления, аналоговой памяти регулятора, управляемой микропроцессором, посылается аналоговый сигнал обратной связи.

Аналоговое ЗУ хранит рабочие параметры, существовавшие в момент, предшествовавший кратковременному сбою питания.

После восстановления питания микропроцессор получит сохраненную таким образом информацию о предшествующем состоянии, благодаря чему работа двигателя может продолжаться без сколько-нибудь серьезных нарушений. Число оборотов двигателя или подача топлива могут быть ограничены до 50 % максимальной величины при помощи ручного потенциометра на панели управления из ЦПУ.

Функциональный преобразователь генерирует сигнал, поступающий через минимальный селектор на регулятор топливоподачи. Таким образом, регулирующее воздействие электронного регулятора на значение уставки регулятора топливоподачи незначительно. Сигнал с выхода электронного регулятора управляет окончательным каскадом, связанным с электрогидравлическим преобразователем.

Сигнал с выхода электронного регулятора сравнивается с выходным сигналом цифро-аналогового преобразователя. Если обнаруживается отклонение, счетчик автоматически регулируется сигналом приращения или уменьшения (инкремент или декремент) до тех пор, пока сравниваемые сигналы не уравниваются. Поскольку выходное задающее устройство снабжено независимым источником питания, то в случае отказа нормального источника обеспечивается функция резервирования. В том случае, если управление осуществляется из ЦПУ или при отказе нормального источника питания, регулирование счетчика может производиться вручную с помощью нажимных кнопок приращения и уменьшения.

При переключении выхода к электрогидравлическому преобразователю в режим ручного управления (управление из ЦПУ) электронный регулятор автоматически следит за резервным выходом.

Благодаря этому достигается плавный переход от автоматического управления к ручному и наоборот.

Подключения обоих выходов каскадов платы аналогового вывода к электрогидравлическому преобразователю контролируются. Например, в случае разрыва цепи между задающим каскадом и электрогидравлическим преобразователем возбуждается аварийный сигнал. Описанные выше задающие выходные устройства защищены от коротких замыканий. Сигнал с выхода регулятора скорости управляет оконечным каскадом, связанным электрогидравлическим преобразователем устройства топливоподачи или местным регулятором скорости.

Сигнал с выхода регулятора скорости сравнивается с выходным сигналом цифро-аналогового преобразователя. Если обнаруживается отклонение, Счетчик автоматически регулируется сигналом приращения или уменьшения до тех пор, пока сравниваемые сигналы не уравниваются. Поскольку выходное задающее устройство снабжено независимым источником питания, то в случае отказа обычного источника обеспечивается функция резервирования. Функции системы FАНМ-S реализуются при помощи программируемого центрального процессора и независимых электронных регуляторов скорости двигателя и подачи топлива.

Библиографический список

Прохоренков А.М. Системы управления судовыми энергетическими процессами: учебник. М: МОРКНИГА, 2017. 442 с.

Екатерина Андреевна Петухова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ЭНб-312, Россия, Владивосток, e-mail: Kchau09@yandex.ru

Даниил Русланович Гумметов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ЭНб-312, Россия, Владивосток, e-mail: evgenijkutuz0013@gmail.com

Научный руководитель – Елена Петровна Матафонова, канд. техн. наук, доцент

**Актуальные аспекты систем вентиляции и кондиционирования воздуха
на рыбоперерабатывающих предприятиях**

Аннотация. Вентиляция и кондиционирование воздуха на промышленных предприятиях и в общественных местах очень важны. На крупном производстве зачастую подразумевается одновременное нахождение в помещении десятков рабочих. И только в условиях контролируемого микроклимата в производственных помещениях возможна разработка и выпуск качественной продукции.

Процессы вентиляции и кондиционирования предполагают нагревание или охлаждение воздуха, увлажнение и осушка, а также очистка его от посторонних газов, мелких частиц и обычной пыли. Работа вентиляции в обязательном порядке должна соответствовать определённым санитарным нормам. Помимо этого поддержание бесперебойного кондиционирования воздуха имеет большое значение в обеспечении полноценной работы технического оборудования на предприятиях.

В отличие от многих государств, наша страна имеет определённую специфику, которая выражается в обширном разнообразии климата в разных регионах. Относительно этого необходим широкий диапазон решений, который позволит поддерживать определённый микроклимат в зданиях, находящихся в отличных друг от друга климатических районах страны.

Ключевые слова: вентиляция, кондиционирование воздуха.

Ekaterina A. Petukhova

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-312, Russia, Vladivostok, e-mail: Kchau09@yandex.ru

Daniil R. Gummetov

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-312, Russia, Vladivostok, e-mail: evgenijkutuz0013@gmail.com

Scientific adviser – Elena P. Matafonova, PhD, Associate Professor

**Current aspects of ventilation and air conditioning systems
at fish processing enterprises**

Abstract. Ventilation and air conditioning in industrial plants and in public places are very important. Large-scale production often implies the simultaneous presence of dozens of

workers. And only in the conditions of a controlled microclimate in the production premises is it possible to develop and produce high-quality products.

Ventilation and air conditioning processes involve heating or cooling the air, humidification and drying, as well as cleaning it from foreign gases, small particles and ordinary dust. Ventilation operation must necessarily comply with certain sanitary standards. In addition, maintaining uninterrupted air conditioning is important in ensuring the full operation of technical equipment at enterprises.

Unlike many states, our country has certain specifics, which is expressed in the vast diversity of the climate in different regions. Regarding this, a wide range of solutions is needed, which will allow maintaining a certain microclimate in buildings located in different climatic regions of the country.

Keywords: ventilation, air conditioning.

Вентиляция должна быть организована в каждом административном, бытовом и производственном помещении рыбоперерабатывающего предприятия. С естественным побуждением, механическим принуждением или смешанным, которая обеспечит условия воздушной среды в соответствии с действующими строительными и санитарно-гигиеническими нормами. Если это производство находится на юге страны или в его цехах происходит большое количество тепловыделений, то для охлаждения воздуха используют кондиционеры. А также кондиционирование воздуха происходит чиллерами.

Чиллеры – это циркуляционные насосы, водоохлаждающие машины, которые на основе замкнутого кругооборота фреона в контуре машины охлаждают воду до температуры от 7 до 12 °С. Именно эта вода через систему чиллер-фанкойл и обеспечивает кондиционирование воздуха в помещениях рыбоперерабатывающего предприятия. Для повышения энергоэффективности современные чиллеры, кроме охлаждения воды, могут работать как тепловые насосы. Для повышения энергоэффективности современные чиллеры, помимо охлаждения воды, могут работать, как тепловентиляторы. Данная функция чиллера наиболее эффективна в межсезонье, весной или осенью.

При наличии подвала или цокольного этажа, где возможно размещение склада или цеха, а также холодильных камер, топочных, аппаратных и машинных отделений холодильных установок, необходимо предусмотреть и выполнить приточно-вытяжную вентиляцию для обеспечения нужного микроклимата в помещении и соблюдения правил техники безопасности.

Для организации естественной общеобменной вентиляции в помещениях необходимо предусмотреть жалюзные решетки на окнах, форточки, фрамуги, створы оконных рам с механизированным приводом для их открывания и фиксирования. Окна должны открываться наружу, чтобы обеспечить их мойку и текущий ремонт.

Все воздухозаборные устройства приточной вентиляции с естественным и механическим побуждениями должны быть расположены в местах, где они исключают попадание в них загрязненных газов, а также воды. Также необходимо иметь сетки для защиты от насекомых. Для очистки воздуха от пыли для приточно-вытяжной вентиляции с естественным и механическим побуждением, которые обслуживают цехи пищевой и медицинской продукции, снабжаются карманными фильтрами.

Вентиляция производственных помещений рыбопереработки осуществляется следующим образом. При помощи вытяжной вентиляции с механическим побуждением удаляется использованный воздух из верхней зоны помещения и с помощью местных отсосов от технологического оборудования. Приточная вентиляция с механическим приводом обеспечивает подачу наружного подогретого воздуха в рабочую зону и частично в верхнюю часть.

Для удаления дыма из помещений дымогенерирующих и коптильных камер необходима вытяжная вентиляция с механическим побуждением из верхней, нижней и боковой зон

помещения. Баланс объёма вытяжки должен превышать приток, чтобы не допустить попадания дыма и газов в смежные помещения.

Технологическое оборудование, которое в процессе работы выделяет значительное количество пара, тепла, дыма и газов, необходимо закрывать крышками, зонтами, местными отсосами, изолировать кожухами, снабжать теплоизоляцией. Данное технологическое оборудование необходимо оснастить воздушными завесами, которые могут поддерживать температуру воздуха в рабочей зоне до 26 °С и относительную влажность, не превышающую 75 %.

Не стоит забывать о том, что технологические процессы, связанные с выделением ядовитых паров и газов, а также пыли, или технологические процессы по производству витаминизированного концентрата, жемчужно-патового, жирномучного, лакировочного, литографического производства, должны быть максимально автоматизированы и проводиться под разрежением в герметичной камере.

Рециркуляция воздуха в системах вентиляции и воздушного отопления в опасных производствах, описанных ранее, так же, как в машинных и аппаратных отделениях аммиачных холодильных установок, не допустима.

Воздуховоды от технологических аппаратов проектируются и монтируются из коррозионностойких материалов, которые необходимо 1 раза в год разбирать и очищать их от внутренних наслоений. Для сохранения определённой температуры в производственных помещениях их требуется проектировать и монтировать у технологических проёмов и тамбуров воздушно-тепловой завесы.

Каждое производственное помещение рыбоперерабатывающего предприятия нуждается в независимой вентиляционной системе. Сплачивать в единую вытяжную систему установок по отсосу пыли, легкоконденсирующихся паров и веществ, создающих при компандировании ядовитую или взрывчатую смесь, не допустимо.

В компрессорном и аппаратном отделениях холодильника требуется проектировать и монтировать аварийную вытяжную вентиляцию с механическим побуждением. В щитовых помещениях машинных отделений холодильника необходима приточная вентиляция, обеспечивающая подпор воздуха при возможном возникновении прорыва аммиака в машинное отделение. В производственных помещениях должна быть автономная регулировка температуры воздуха, обусловленная внешними метеорологическими данными.

При конструировании приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением требуется усовершенствовать систему с использованием датчиков температуры, влажности, загазованности и запыленности наружного и внутреннего воздуха до максимума, использовать многоканальные контроллеры, выбирать высокорезультативные комплектующие для щитов автоматики (реле, УЗО, пускатели, привода и прочее).

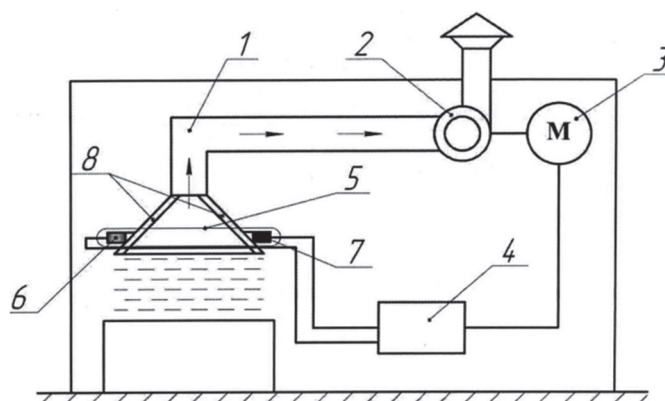
Все выбросы в атмосферу воздуха, применённого в котельных, копильных, и других производственных процессов, которые содержат ядовитые примеси, должны отфильтровываться и соответствовать требованиям действующих санитарных норм.

При проектировании помещений рыбоперерабатывающего предприятий должно предусматриваться размещение оборудования вентиляционных систем в специально отведённых помещениях – венткамерах.

Одним из примеров оборудования для кондиционирования воздуха на предприятии является следующая система вентиляции (рисунок).

Изобретение относится к области инженерного оборудования производственных зданий и может быть использовано при оборудовании промышленных предприятий. Система вентиляции промышленного предприятия содержит вытяжной воздуховод загрязнённого воздуха 1, в который включен вентилятор 2 с электродвигателем 3. Электродвигатель 3 соединен с блоком автоматического регулирования расхода воздуха 4, связанным с оптическим датчиком концентрации пыли 5, состоящего из излучателя 6 и приемника 7, которые установлены в аэродинамических каналах 8. Таким образом, предложенная система

вентиляции промышленного предприятия позволяет более объективно оценить условия труда и повысить качество регулирования системы вентиляции.



Система вентиляции промышленного предприятия

Библиографический список

1. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха / Е.С. Бондарь, А.С. гордиенко, В.А. Михайлов, Г.В. Нимич; под общ. ред. Е.С. Бондаря. Киев: ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим», 2005. С. 548–549.
2. Пат. RU 2 509 963 С1. Система вентиляции промышленного предприятия / Белова Т.И., Гаврищук В.И.

Андрей Сергеевич Сабашнюк

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭМС-412, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Сергей Александрович Вермонт

Влияние изменения качества электрической энергии на работу судового электрооборудования

Аннотация. Качество электрической энергии определяется совокупностью свойств, обуславливающих ее пригодность для нормальной работы приемников. Свойства электроэнергии характеризуются показателями, перечень которых вместе с нормативными требованиями установлен Российским Морским Регистром Судоходства. Все приемники электрической энергии рассчитаны на работу при определенных (номинальных) значениях напряжения и частоты в сети. Для многих из них важна форма кривой питающего напряжения, а для трёхфазных приемников необходимо обеспечивать одинаковость (симметрию) напряжений разных фаз.

В реальных условиях значения напряжения и частоты отличаются от номинальных, искажается форма кривой питающего напряжения и симметрия напряжений в трехфазной сети. Нарушение этих условий носит как длительный, так и кратковременный характер в зависимости от вызвавших их причин и по-разному влияет на работу приёмников. Основными причинами нарушения качества электроэнергии являются: несовершенство регуляторов частоты и напряжения генераторных агрегатов, технических средств распределения нагрузки при параллельной работе; изменения нагрузки в системе; изменение внешних условий работы оборудования; действия персонала по управлению оборудованием; аварии, происходящие в системе электроснабжения. Поскольку кабели электрической сети обладают сопротивлением, в них при протекании тока создается падение напряжения, которое приводит к тому, что напряжение в различных местах системы распределения электроэнергии оказывается меньше напряжения источников. Применение в СЭЭУ полупроводниковых преобразователей электроэнергии искажает форму кривой напряжения, и возникают помехи в работе систем: контроля защиты управления и радиоаппаратуре. В условиях эксплуатации необходимо уметь оценивать качество электроэнергии и принимать в случае необходимости соответствующие меры. Проблемы возникают из-за износа оборудования, изменения настройки устройств регулирования в результате выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Ключевые слова: СЭЭУ, напряжение, частота.

Andrey S. Sabashnyuk

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMS-412, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Sergei A. Vermont

The impact of changing the quality of electrical energy on the operation of ship electrical equipment

Abstract. The quality of electrical energy is determined by a combination of properties that determine its suitability for the normal operation of receivers. The properties of electricity are characterized by indicators, the list of which, together with the regulatory requirements estab-

lished by the Russian Maritime Register of Shipping. All receivers of electrical energy are designed to operate within certain (nominal) values of voltage and frequency in the network. For many of them, the shape of the supply voltage curve is important, and for three-phase receivers, it is necessary to ensure the sameness (symmetry) of the voltages of different phases. In real conditions, the voltage and frequency values differ from the nominal ones, the shape of the supply voltage curve and the symmetry of the voltages in a three-phase network are distorted. Violation of these conditions is both long-term and short-term, depending on the causes caused by them, and affects the operation of receivers in different ways. The main reasons for the violation of the quality of electricity are: imperfection of the frequency and voltage regulators of generating units, technical means of load distribution during parallel operation; load changes in the system; change in the external conditions of equipment operation; actions of personnel for equipment management; accidents occurring in the power supply system. Since the cables of the electrical network have resistance, when current flows, a voltage drop is created in them, which leads to the fact that the voltage at various points in the power distribution system is less than the voltage of the sources. The use of semiconductor power converters in SEEA distorts the shape of the voltage curve and interferes with the operation of systems: control, protection, control, and radio equipment. In operating conditions, it is necessary to be able to assess the quality of electricity and take appropriate measures if necessary. Problems arise due to wear and tear of equipment, changes in the setting of control devices as a result of maintenance and repair work.

Keywords: SEEA, voltage, frequency.

Влияние изменений напряжения на работу судового электрооборудования

Изменения напряжения в сети возникают при включении и отключении мощного электрооборудования (кривые 2, 3, 7 на рис. 1), при коротких замыканиях в системе (кривая 6), при синхронизации генераторов с грубым нарушением условий синхронизации (кривая 5), при включении гашения поля генератора (кривая 4). Зависимость 1 представляет изменение напряжения генератора в процессе его ввода в действие. Кривая 3 показывает изменение напряжения генератора при включении мощного приемника в случае отказа автоматического регулятора напряжения. В ряде ситуаций изменение напряжения выходит за допустимые, согласно условиям нормальной работы приемников, пределы изменения $\Delta U_{\text{доп}}$. На диаграмме не показаны изменения напряжения (отклонения), возникающие по причине изменений частоты, температуры, настройки и погрешности регуляторов напряжения. Классификационные общества нормируют лишь время восстановления напряжения при набросе (сбросе) нагрузки 1, в нормальных эксплуатационных режимах время не нормируется. В процессе восстановления напряжения возможно «перерегулирование», т.е. превышение номинального уровня напряжения.

Снижение напряжения вызывает уменьшение производительности работы механизмов и увеличение силы тока, потребляемого двигателем (рис. 2, б). При снижении напряжения более чем на 30 % возникает угроза остановки двигателей. Если изменение напряжения носит кратковременный характер, механизмы сохраняют работоспособность и при более глубоких снижениях напряжения, так как вследствие инерции требуется некоторое время для того, чтобы их скольжение возросло до критической величины. Практика показывает, что пускатели типа ПМ сохраняют свое коммутационное состояние, если напряжение на обмотке контактора превышает 65 % номинального. Они не отключаются и при более низких напряжениях, если отклонения кратковременные, и напряжение будет быстро восстановлено. Кроме того, при этом существует опасность снижения силы нажатия на контакты, увеличения переходного сопротивления, повышения температуры вплоть до плавления материала контактов и последующего их сваривания. Глубокое снижение напряжения может привести к нарушению устойчивости электромагнитных аппаратов, появлению «дребезга» в магнитопроводе, увеличению тока в обмотке контактора с последующим ее перегревом и сгоранием. Повышение напряжения также приводит к росту в ней тока, перегреву и последующему отказу.

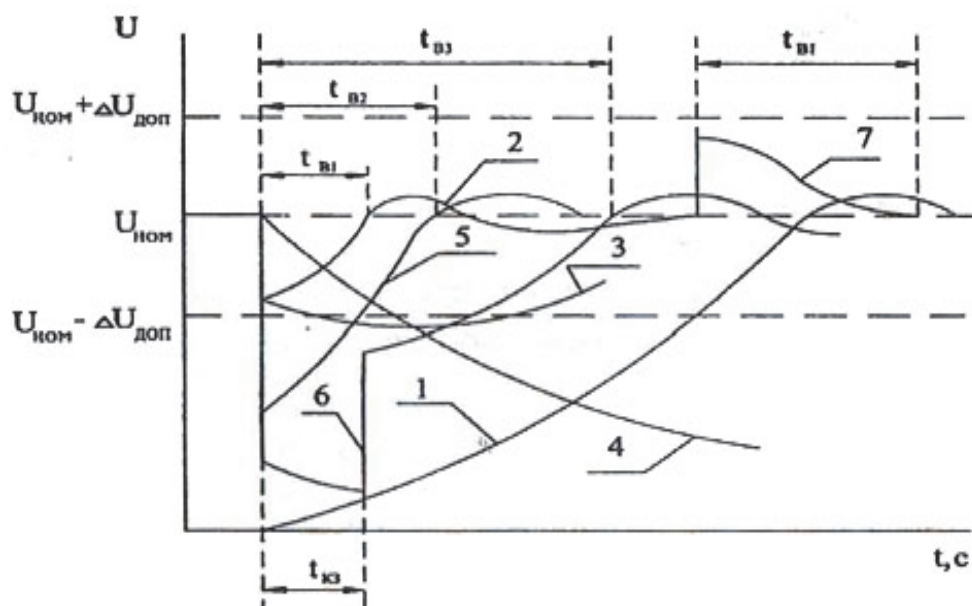


Рисунок 1 – Изменение напряжения в сети в различных эксплуатационных режимах

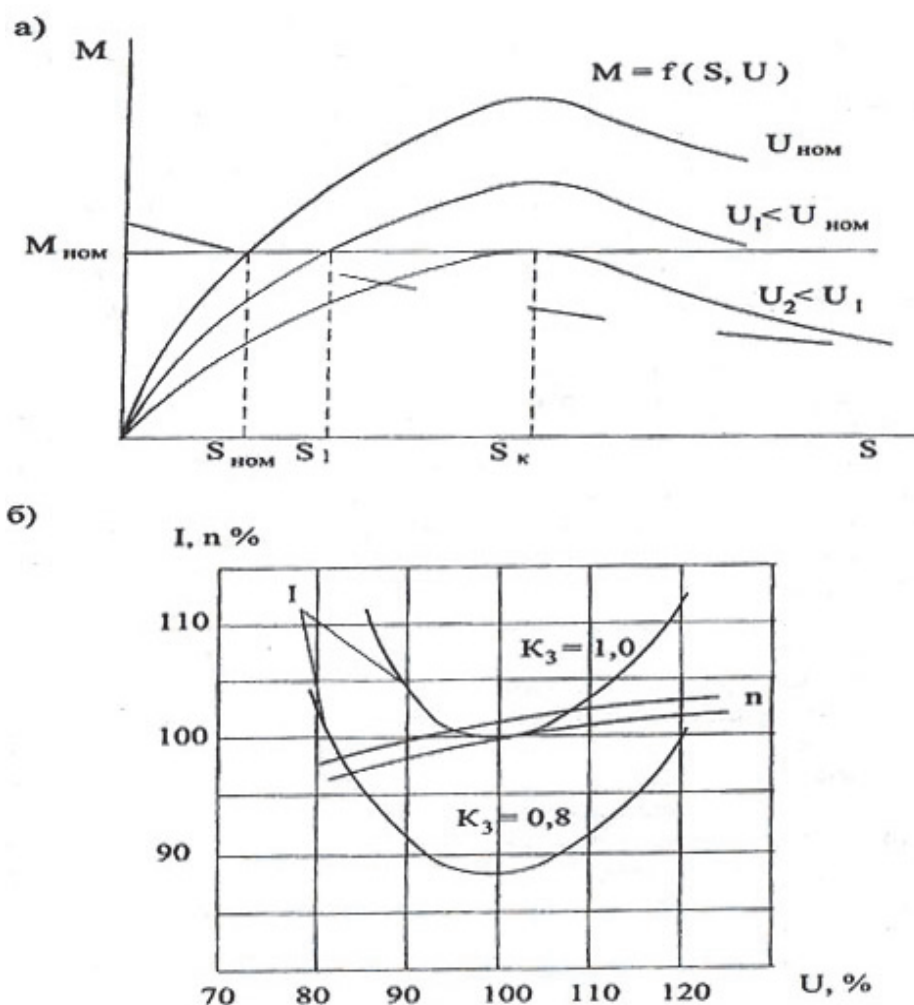


Рисунок 2 – Изменение параметров асинхронного двигателя при изменении напряжения питания

Изменения напряжения вызывают изменения практически всех параметров источников света. Работа источников света при напряжении, отличающемся от номинального, проявляется в изменении светового потока и срока их службы. Повышение напряжения в сети на 1 % сокращает срок службы источников света на 2,4-14%, увеличивая их годовой расход и трудозатраты на замену перегоревших ламп. Световой поток F люминесцентных ламп существенно зависит от температуры окружающей среды и времени эксплуатации лампы (рис. 3). Это необходимо учитывать при их эксплуатации. Кратковременные изменения напряжения в сети вызывают резкое изменение светового потока источников света, повышают утомляемость зрения персонала, что может привести к ошибкам в работе. ГОСТ 13109-67 ограничивает колебания напряжения в сети освещения, при питании газоразрядных ламп от сети переменного тока частотой 50 Гц их световой поток пульсирует с частотой 100 раз в секунду. Пульсации вызывают повышенную утомляемость зрения и ухудшение общего состояния. В помещениях машинного отделения пульсации светового потока могут создавать стробоскопический эффект у вращающихся деталей оборудования. Обеспечение необходимых условий освещения в помещении достигается при помощи применения ламп разного типа и подключения светильников одного помещения не к одной, а к двум или трем фазам. Обеспечение безопасного плавания судна во многом зависит от качества функционирования электротехнических средств судовождения и многочисленных систем управления, на работу которых влияет напряжение сети. Работоспособность этих приемников при изменениях напряжения обусловлена их назначением и особенностями. В необходимых случаях в их схемах применяют собственные блоки питания со стабилизацией питающего напряжения.

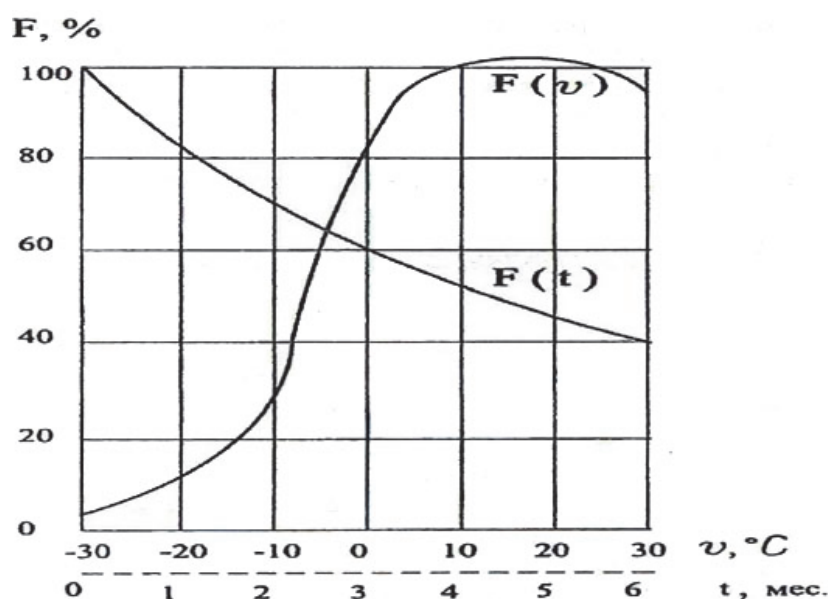


Рисунок 3 – Зависимость светового потока люминесцентных ламп от температуры и времени использования

Влияние изменений частоты на работу судового электрооборудования

Изменения частоты в сети возникают по причине изменения нагрузки в системе электроснабжения, из-за статизма характеристик регуляторов приводных двигателей генераторов и их нечувствительности. Различают длительные и кратковременные (периодические) изменения частоты. Рассматривая работу электропривода при ненормальной частоте, прежде всего следует иметь в виду три характеризующие параметра:

- N – частота вращения;
- S – мощность, потребляемая из сети;
- T – температура обмоток.

Снижение частоты в электрической сети приводит к уменьшению частоты вращения и соответственно к снижению подачи и напора нагнетателей. Если коэффициент загрузки двигателя $K < 1$, то двигатель обладает «тепловым запасом» и может продолжительное время работать при отклонении частоты. Следует иметь в виду, что у двигателей с самовентиляцией за счет ухудшения теплоотвода при снижении частоты вращения возникает перегрев обмоток. В первую очередь, это относится к двигателям с постоянным моментом сопротивления валу. Сила тока в катушке коммутационного аппарата, имеющей активное и индуктивное сопротивление, изменяется при изменении частоты питающего напряжения. Отрицательные последствия работы аппаратов при отклонениях частоты сводятся к угрозе перегрева и угрозе отключения. Работа ламп накаливания и электронагревателей практически не зависит от частоты.

Влияние неодинаковости напряжений трехфазной сети на работу судового электрооборудования

В судовой трехфазной сети возможна неодинаковость (несимметрия) напряжений, когда линейные напряжения между разными фазами отличаются друг от друга. В случае преобладания в системе асинхронных двигателей величина несимметрии обычно находится в допустимых пределах, а при подключении к сети однофазных приемников возрастает. В связи с изменением потребляемой мощности однофазных приемников суток непостоянна, изменяется она и при изменении режима работы судна. Основной причиной появления несимметрии напряжений является разница фазных токов нагрузки. Неодинаковость напряжений оказывает заметное влияние на работу полупроводниковых преобразователей, так как в этом случае в работе системы управления преобразователей используются три неодинаковых напряжения. При питании асинхронного двигателя от сети с несимметрией напряжений меняется электромагнитное поле машины, вращение его ротора становится неравномерным, в итоге изменяется момент двигателя, растут скольжение и температура обмоток.

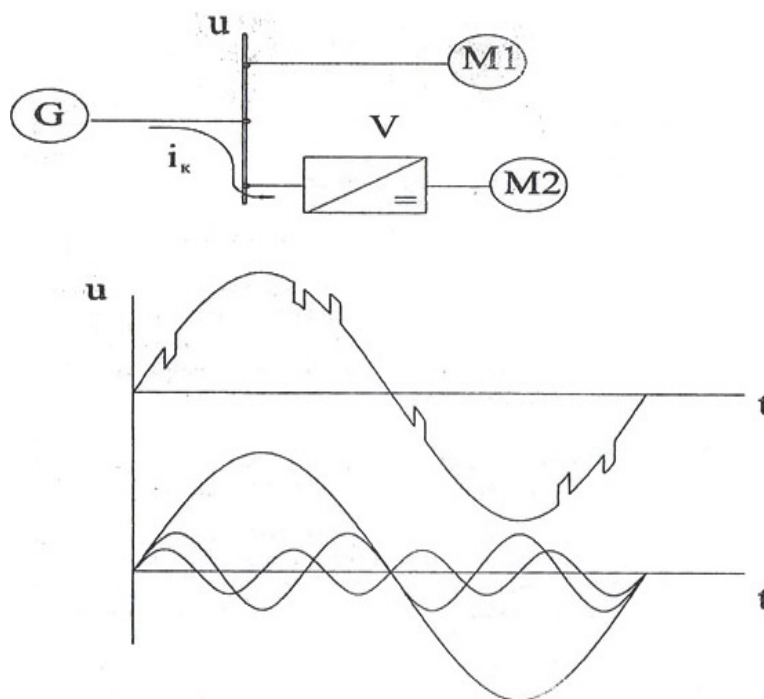


Рисунок 4 – Формирование искажений напряжения в судовой сети

Согласно опытным данным, при величине несимметрии напряжений 2 % потери в двигателе возрастают на 8 %, а КПД снижается на 1 %; при несимметрии 3,5 % потери возрастают на 25 %, а КПД снижается на 3 %. Несимметрии токов в фазах приводят к усилению

вибрации машины. Измерения показывают, что вибрация электрических машин после монтажа на судне возрастает. Вибрация сокращает срок службы изоляции и подшипников. Правила эксплуатации береговых электрических станций и сетей не допускают длительной работы турбогенераторов с разницей токов фаз более 1 %. Практическая оценка несимметрии напряжений в судовой сети представляет большую трудность из-за погрешности измерительных приборов. Если же небаланс напряжений можно обнаружить по показаниям вольтметра, то это означает, что величина его вышла за допустимый предел. Так как причиной несимметрии напряжений в основном является разница токов фаз, то обнаружение расхождения токов фаз более, чем на 15 % свидетельствует о необходимости принятия мер по выравниванию токов за счет переключения части однофазных приемников (сеть освещения) на другие фазы питающего напряжения.

Влияние несинусоидальности напряжения на судовое электрооборудование

На судах широко распространены разного рода выпрямители, применяемые для питания электроприводов постоянного в зарядных и сварочных устройствах, системах возбуждения генераторов, системах катодной защиты корпуса судна, валогенераторных установках и др. На современных судах для регулирования частоты вращения двигателей нередко используют полупроводниковые преобразователи частоты. Выпрямители и преобразователи частоты в процессе работы нагружают источник питания несинусоидальным током, вызывая изменение напряжения источника питания. А поскольку коммутация происходит каждый полупериод питающего напряжения, изменения напряжения носят устойчивый характер и по сути изменяют форму питающего напряжения.

Библиографический список

1. Качество электрической энергии на судах / В.В. Шейнихович [и др.]: справочник. Л.: Судостроение, 1988. 160 с.
2. Коробко, Г.И. Накопители электроэнергии в стабилизаторах переменного напряжения для специальных судовых потребителей / Г.И. Коробко, С.В. Попов // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Вып. 13. Судовая и промышленная энергетика. Н. Новгород: ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2005. С. 54–57.
3. Жежеленко, И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоиздат, 2000. 252 с.
4. Анисимов, Я.Ф. Особенности применения полупроводниковых преобразователей в судовых электроустановках / Я.Ф. Анисимов. Л.: Судостроение, 1983. 232 с.

Андрей Сергеевич Сабашнюк

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭМс-412, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Валентин Яковлевич Молочков, канд. техн. наук, доцент

Судовой стационарный измеритель температуры морской воды для поиска сайры

Аннотация. Судовой цифровой измеритель температуры предназначен для морских промысловых и исследовательских судов и служит для непрерывного дистанционного измерения температуры морской заборной воды стационарным датчиком температуры без остановки судна на проведение измерений. Специальный измеритель температуры для сайроловных судов позволяет повысить эффективность поиска скоплений сайры. Сайра концентрируется и поднимается к поверхности при температуре 11 °С, поэтому характер изменения температурного поля и температуры окружающей судно морской воды важен при поиске скоплений сайры. Измеритель также может быть использован для дистанционного измерения температуры агрессивных сред в технологических процессах предприятий.

Andrey S. Sabashnyuk

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMs-412, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Valentin Ya. Molochkov, PhD, Associate Professor

Ship stationary sea water temperature meter for searching saury

Abstract. The ship's digital temperature meter is designed for marine fishing and research vessels and serves for continuous remote measurement of the temperature of the sea outboard water with a stationary temperature sensor without stopping the vessel for measurements. A special temperature gauge for saury vessels improves the efficiency of the search for saury accumulations. Saury concentrates and rises to the surface at a temperature of 11 °C, so the nature of the change in the temperature field and the temperature of the sea water surrounding the ship is important when searching for accumulations of saury. It can also be used for remote measurement of the temperature of aggressive media in the technological processes of enterprises.

При разработке за основу были приняты следующие выходные параметры измерителя:

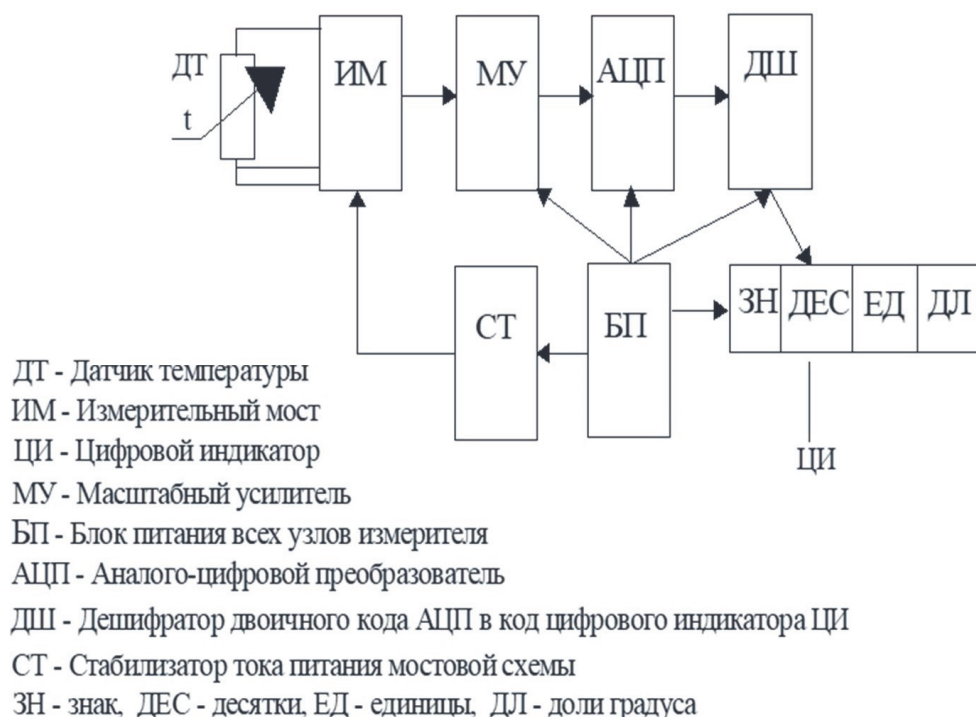
- * диапазон измеряемой температуры от -4 °С до +50 °С;
- * дискретность измерения температуры – 0,1 °С;
- * основная погрешность измерения – 0,1 °С;
- * наибольшая длина соединительного кабеля от датчика до измерительного прибора – до 150 м, при сопротивлении жил кабеля не более 5 Ом;
- * питание измерителя: 220 В, 50 Гц, с отсутствием специальных требований к стабильности напряжения и частоты.

Структурная схема разработанного цифрового измерителя температуры приведена на чертеже (рис. 1).

Схема работает следующим образом.

Изменение температуры воды вызывает изменение сопротивления датчика температуры DT1, которое преобразуется в блоке Е1, представляющем схмотехнически неуравно-

вешенный мост, в соответствующее изменение напряжения. Преобразователь Е1 питается от стабилизатора тока G1 стабильным током для исключения влияния изменения напряжения на мостовую схему. Изменением тока за счет обратной связи с заданной характеристикой изменения осуществляется также линейаризация характеристик датчика, что позволяет иметь заданную точность в широком диапазоне температур.



Цифровой измеритель температуры

Выходной сигнал с неуравновешенного измерительного моста Е1 усиливается масштабным операционным усилителем А1 и поступает с его выхода на аналоговый вход аналогово-цифрового преобразователя U1 для преобразования напряжения пропорционального измеряемой в данный момент температуре в цифровой код также пропорциональный измеряемой температуре.

АЦП производит преобразование напряжения пропорционального температуре в цифровой код. Он также вырабатывает знак входного аналогового сигнала. Выбором опорного напряжения и его подстройкой можно привязать значения цифрового кода к значениям температуры – произвести масштабирование выходного цифрового кода так, чтобы получить на индикаторе цифровые значения, соответствующие значению температуры в цифровом десятичном коде.

На выходе АЦП расположен шифратор из двоичного кода в код семисегментного индикатора U2, к которому подключен цифровой блок индикации Н1, высвечивающий текущее значение и знак температуры воды. На выходе шифратора расположен усилитель по току для согласования по потребляемому току с внешним цифровым четырехразрядным индикатором.

Питание всех узлов осуществляется от стабилизированного блока питания БП, вырабатывающего набор необходимых напряжений с заданными параметрами.

Блок питания представляет собой понижающий трансформатор, фильтры и параметрические стабилизаторы и служит для питания АЦП, индикаторов, операционных усилителей, измерительной мостовой схемы через стабилизатор тока.

На основе структурной схемы разработана принципиальная схема с применением современных электронных компонентов, которая приведена на чертеже. Она имеет все описанные в структурной схеме узлы.

При разработке и конструировании первичного измерительного преобразователя (датчика) принимались во внимание следующие требования:

- длительная работа в химически агрессивной среде – морской воде и возможность механического воздействия на его корпус в процессе его эксплуатации;
- тепловая развязка чувствительного элемента от основной массы корпуса датчика и корпуса судна для уменьшения тепловой постоянной – уменьшения инерции датчика;
- герметичность как погружной части, выступающей снаружи корпуса судна, так и внутренней, выходящей внутрь судна с возможностью его демонтажа для замены изнутри корпуса судна;
- хороший контакт чувствительного элемента датчика с морской водой при одновременной достаточной его защите от механических воздействий;
- малая чувствительность к электромагнитным наводкам при значительной удаленности датчика от измерительного блока;
- исключение влияния изменения сопротивления подводящих медных проводов при изменении окружающей температуры, что достигается применением мостовой схемы с трехпроводным подключением к датчику.

Библиографический список

1. Молочков, В.Я. Микропроцессорные системы управления техническими средствами рыбопромысловых судов / В.Я. Молочков. М.: Моркнига, 2013. 362 с.
2. Кирюха, В.В. Измерительные преобразователи в системах автоматики / В.В. Кирюха. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2007. 218 с.
3. Кирюха, В.В. Индуктивные датчики и их применение для решения задач оперативного контроля толщины слоя коррозии / В.В. Кирюха // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. Т. 31. 133 с.
4. Молочков, В.Я. Структурные модели динамических процессов в исследовании технических средств судов / В.Я. Молочков, И.Д. Молочкова // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. Т. 32. 128 с.
5. Громов В.С. Полупроводниковые интегральные датчики температуры. М., 2010. 14 с.

Никита Романович Семаков

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. СМС-312, Россия, Владивосток, e-mail: semakov.nikita@list.ru

Научный руководитель – Елена Петровна Матафонова, канд. техн. наук, доцент

Судовые кабели

Аннотация. Кабель судовой (морской) востребован на судах морского и речного флота без ограничений по климатическим показателям. Может применяться на плавучих и береговых сооружениях. Марки судовых кабелей отличаются большим разнообразием. Кабель судовой (морской) применяется в силовых и осветительных сетях, цепях управления и сигнализации, а также в межприборных соединениях.

Ключевые слова: судовой кабель, маркировка судовых кабелей, свойства судовых кабелей.

Nikita R. Semakov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SMS-312, Russia, Vladivostok, e-mail: semakov.nikita@list.ru

Scientific adviser – Elena P. Matafonova, PhD, Associate Professor

Ship cables

Abstract. Ship (maritime) cable is in demand on ships of the sea and river fleet, without restrictions on climatic indicators. It can be used on floating and coastal structures. Brands of ship cables are very diverse. Ship (marine) cable is used for power and lighting networks, for control and signaling circuits, as well as in interconnections.

Keywords: ship cable, ship cable marking, ship cable properties.

Кабель судовой (морской) востребован на судах морского и речного флотов без ограничений по климатическим показателям. Может применяться на плавучих и береговых сооружениях. Марки судовых кабелей отличаются большим разнообразием. Кабель судовой (морской) применяется в силовых и осветительных сетях, цепях управления и сигнализации, а также в межприборных соединениях. Конструкция многих судовых кабелей позволяет эксплуатировать их внутри технических помещений с агрессивной средой, где они подвержены воздействию смазочных масел и дизельного топлива. Большая часть судовых морских кабелей являются стойкими к воздействию морской воды, что позволяет эксплуатировать их под водой при различных показателях гидростатического давления. Все эти особенности сильно усложняют обслуживание морского кабеля и затрудняют проведение таких профилактических работ, как очистка морских кабелей.

По климатическому исполнению:

для макроклиматических регионов на море и суше, исключая регионы, где очень холодный климат; ОМ – для регионов с тропическим и умеренно холодным климатом, включая суда без ограничений по региону плавания; Т – для регионов с влажным и сухим тропическим климатом.

По конструктивным нюансам: с броней из лент, выполненных из стали; панцирной оплеткой; общим экраном; экраном по жилам.

По назначению:

комбинированные; связи; управления и контроля; силовые.

По номинальному рабочему напряжению, устанавливаемому по таким значениям: 1500, 1200, 1000, 700, 500 В (постоянный ток) и 6000, 1000, 690, 400, 380, 250 В (переменный ток).

По материалу оболочки и изоляции:

из фторопласта; полиэтилена; поливинилхлоридного пластика; резины.

Каждый вид морского и речного транспорта требует использования судового кабеля определенного вида:

- кабель для судна с медными жилами и герметизацией отличается повышенной влагостойкостью;

- кабель судовой с жилами из алюминия и прорезиненной изоляцией имеет высокую стойкость к горению. Он используется в силовых и осветительных цепях водного транспорта.

За счет наличия экрана из медной проволоки, расположенного под внешним изоляционным слоем, позволяет применять изделия в местах, где есть риск механического повреждения провода, где есть риск воздействия электромагнитных полей на него.

Морской кабель для судов отличается:

- устойчивостью к перепадам температуры. Изделия с резиновой оболочкой подходят для эксплуатации в температурном диапазоне от -45°C до $+45^{\circ}\text{C}$ без изменения свойств;

- стойкостью к воздействию влаги. Надежный герметизационный слой (изоляция и экран) обеспечивает защиту кабеля уровня влажности до 100 %;

- устойчивостью к ультрафиолету;

- масло-бензостойкостью (хим. устойчивостью).

Надежность и качество каждого кабеля подтверждает наличие специального морского сертификата. Изделия получают его после прохождения проверки, которая включает испытания на выносливость к высокому напряжению и прочность к механическим повреждениям.

Передача электрической энергии в силовых и осветительных сетях и телефонная связь осуществляются при помощи кабелей и проводов. Кабель состоит из одного или нескольких изолированных проводников, заключенных в общую защитную, а поверх нее герметичную оболочку. Кабели можно прокладывать в сырых помещениях и на открытой палубе. Провод по сравнению с кабелем имеет облегченную защитную оболочку. Поэтому провода прокладывают только в сухих и отапливаемых помещениях. Кабели и провода для силовых и осветительных установок рассчитывают на напряжение до 700 В переменного или 1000 В постоянного тока, для телефонных установок – на напряжение 100 В постоянного тока. Помимо судовых проводов, внутри приборов и аппаратуры применяют изолированные монтажные провода, допускающие непосредственную прокладку по металлическим деталям. Для соединения антенны судовой радиостанции с антенным вводом применяют разновидность неизолированных проводов – антенные канатики. К кабелям и проводам предъявляется ряд требований, обусловленных особенностями прокладки и эксплуатации: повышенная гибкость (что важно при прокладке трасс в ограниченных по размеру судовых помещениях); электрическая прочность изолирующих оболочек; негорючесть; стойкость к воздействию воды, масла и др.

Для защиты от механических повреждений используют неэкранирующую оплетку из стальной оцинкованной проволоки (панцирную оплетку) или металлическую броню из стальной ленты или проволоки. Лента (проволока) наматывается спирально и образует сплошной цилиндрический слой. Допускается применение кабелей с оболочками из меди, чистого свинца и его сплавов.

Судовые кабели и провода имеют, как правило, многопроволочные жилы, что увеличивает их гибкость и исключает переломы жил вследствие вибрации и других механических воздействий. Количество жил в различных кабелях составляет 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 12,

14, 16, 19, 24, 27, 30, 33, 37, 41, 44, 48, 52 и 61, что удовлетворяет потребностям судовых электрических сетей любого назначения. В сетях постоянного и 1-фазного переменного тока используют 1- и 2-жильные кабели, причем применение 2-жильных кабелей с площадью поперечного сечения более 6 мм^2 считается нерациональным. В сетях 3-фазного переменного тока применяют, как правило, 3-жильные кабели с площадью поперечного сечения не свыше 240 мм^2 (с целью облегчения монтажа), а для сетей внутренней связи, цепей управления и контрольных цепей используют многожильные кабели. Внедрение новых видов изоляции с повышенными тепловыми нагрузками (бутилкаучуковая, кремнийорганическая, минеральная и др.) позволяет уменьшить массу кабельных сетей вследствие уменьшения толщины изоляционных оболочек и одновременно увеличить срок службы кабелей. Последнее позволяет обойтись без трудоемкого и дорогостоящего ремонта кабельных трасс в течение всего периода эксплуатации судна. Следует заметить, что применение на судах кабелей с минеральной изоляцией проблематично. Такие кабели представляют собой медную трубку, внутри которой запрессованы в непроводящей окиси магния одна или несколько медных жил. Эти кабели огнестойки, компактны, долговечны, однако их недостатком является отсутствие гибкости.

Судовой кабель имеет следующую маркировку:

М – морской; С – оцинкованный; Г – гибкий; Ш – шланговый; Т – телефонный; Э – экранированный в панцирной оплетке, выполненной из меди (эта буква в конце маркировки указывает на экранирование всего кабеля, в середине – на экранирование только жил); П – в панцирной оплетке, выполненной из стали; Р – резиновый; Н – негорючий; К – кабель.

Судовые сети могут включать в себя кабели с разным количеством жил: от одножильных до многожильных. При трехфазном переменном токе прокладка одножильного кабеля вызывает сильный нагрев металлических палуб и переборки в местах его прохождения. Это явление вызывается вихревыми токами. Для установок слабого тока, как правило, используются многожильные кабели. При трехфазном переменном токе используются исключительно трехжильные кабели, при однофазном постоянном или переменном токе – одно- или двухжильные.

В связи с постоянным увеличением количества и мощности электрического оборудования, применяемого на судах, увеличивается сечение и количество кабелей сетей, что вынуждает использовать больше пространства для их качественной прокладки. Однако возможности на судах все-таки ограниченные, к тому же морской кабель должен монтироваться за минимальное количество времени, что приводит к применению многорядной пучковой прокладки.

Фиксация и прокладка пучков осуществляется с использованием подвесок, именуемых кассетами. Монтаж таким методом дает возможность использовать современное решение в прокладке судового кабеля к устройству без применения промежуточной бухтовки по всей длине трассы, а еще увеличивает скорость и упрощает фиксацию. Существуют типоразмеры кассет, учитывающие рядность, диаметры и число пучков трасс.

Морские кабели, подобно другим проводникам, имеют свою маркировку.

Популярными источниками являются модели КНР, КНРТ, СПОВ, НРШМ, КМПВ.

КНР – кабель с резиновой изоляцией в оболочке из маслостойкой резины, не распространяющей горения, и на его базе – кабели КНРЭ, КНРУ, КНРП, применяемые в силовых и осветительных сетях, в цепях управления и сигнализации для неподвижной прокладки внутри и вне помещений при условии защиты от прямого воздействия солнечной радиации.

Кабель КНР, как и КНРк, предназначен для неподвижной прокладки. Используется для присоединения к токоприемникам, эксплуатируемым на судах морского флота неограниченного района плавания, речного флота. В то же время используют на береговых и плавучих сооружениях. Кабели марки КНР рассчитаны на эксплуатацию при переменном напряжении до 690 В частотой до 400 Гц или постоянном напряжении 1 200 В и передаче электрических сигналов управления малой мощности переменного напряжения до 400 В частотой до 1 200 Гц или 500 В постоянного напряжения. Судовые кабели КНР предназна-

чены для эксплуатации при максимальной температуре окружающей среды +45 °С, минимальной -40 °С для кабелей неподвижной прокладки при относительной влажности окружающей среды до 100 % при температуре до +35 °С Кроме этого морской провод марки КНР устойчив к воздействию морской воды, периодическому воздействию смазочных масел и дизельного топлива, не распространяет горение при одиночной прокладке К маркам КНР, предназначенным для районов с тропическим климатом, добавляют индекс «-Т» (КНР-Т). Такой КНР имеет луженую жилу Длительно допустимая температура на токопроводящих жилах не должна превышать +65 °С Радиус изгиба кабелей – не менее 5 наружных диаметров, при монтаже в труднодоступных местах – не менее 3 наружных диаметров кабеля при числе изгибов не более двух в одном месте. Провод марки КНР используют в силовых и осветительных сетях, а также в цепях управления, сигнализации и межприборных соединений. Применяют для неподвижной прокладки внутри помещений и на открытой палубе при условии защиты от прямого воздействия солнечной радиации. Токпроводящие жилы судовых кабелей КНР скручивают из медной проволоки. Изолированные жилы многожильных кабелей скручивают концентрическими повивами в разные стороны. В каждом повиве имеется счетная пара, расцветка жил которой отличается друг от друга и от остальных жил. Электрическое сопротивление изоляции у КНР, пересчитанное на 1 км длины и температуру +20 °С, – не менее 100 Мом.

НРШМ – кабель с резиновой изоляцией в оболочке из маслостойкой резины, не распространяющей горения, гибкий. Применяют в тех же сетях, что и КНР, для подключения к подвижным и переносным приемникам.

МРШН, НГРШМ – для цепей управления при изгибах с одновременным закручиванием.

КРПТН – аналогичной конструкции для подключения питания с берега.

КНРк – кабель с резиновой изоляцией в оболочке из поливинилхлоридного пластика и его разновидности КНРПк, КНРТЭк, КНРЭТЭк и др. Применяют в помещениях, где возможно воздействие на кабель паров кислот, щелочей, угольной, цементной и другой пыли.

КРКВ, КРКВЭ – кабели с изоляцией из кремнийорганической резины в оболочке из поливинилхлоридного пластика, используют там же, где кабель КНР, а также в рефрижераторных помещениях;

КМПВ, СПОВ – кабели с полиэтиленовой изоляцией с оболочкой из поливинилхлоридного пластика и их разновидности КМПВЭ, КМПЭВ, СПОЭВ, СПОВЭ и др. получили распространение в цепях управления, сигнализации, в силовых и осветительных сетях для неподвижной прокладки внутри помещений и вне их при защите от прямого воздействия солнечной радиации и морской воды.

КМПВТ, КМПВЭТ, КМПЭВТ – для телефонной, связи при тех же условиях, что и для кабеля КМПВ.

УВГ – провод гибкий с полихлорвиниловой изоляцией для жесткого монтажа распределительных устройств и УВОГ – для гибких соединений.

МШВ – провод однопроволочный с шелковой изоляцией с полихлорвиниловой оболочкой для жесткого монтажа и МТШВ – для гибких соединений.

НВ – провод с изоляцией из поливинилхлоридного пластика и его разновидности НВЭ, НВК, НВКЭ и др. для жесткого внутреннего монтажа распределительных устройств.

В местах с повышенными механическими воздействиями широко применяется кабель КНРП, который имеет медные токопроводящие жилы с резиновой изоляцией в оболочке из негорючей маслостойкой найритовой резины и в оплетке из стальных оцинкованных проволок. Кабель марки КНРЭ отличается от предыдущего только тем, что вместо указанной оплетки применена оплетка из медных луженых проволок. Он предназначен для прокладки в местах, где требуется экранизация электромагнитных полей (рис. 1).

Также получают распространение новые судовые многожильные кабели с полиэтиленовой изоляцией жил и защитной оболочкой из полихлорвинила (рис. 2).

Применение новых электроизоляционных материалов с бутилрезиновой основой обеспечивает значительное улучшение массогабаритных показателей кабельных трасс. Повышение длительно допустимого нагрева токопроводящих жил кабелей с бутилрезиновой изоляцией до 85 °С (вместо 65 °С) позволяет увеличить нормы нагрузок почти в 1,3 раза.

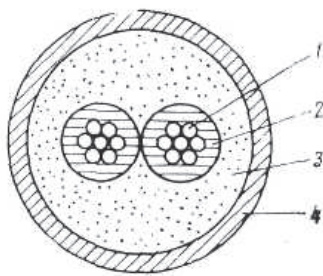


Рисунок 1 – Кабель марки КНРЭ: 1 – медная токопроводящая жила; 2 – изоляция из резины; 3 – резиновая шланговая оболочка; 4 – оплетка из медных проволок

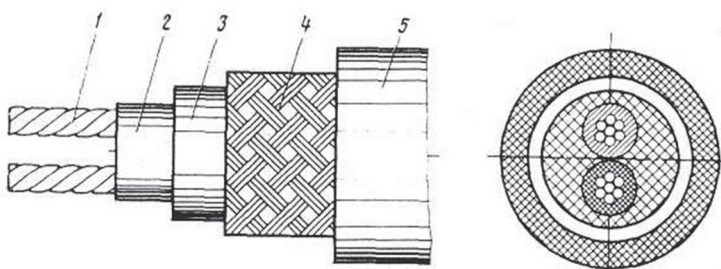


Рисунок 2 – Судовые многожильные кабели с полиэтиленовой изоляцией жил и защитной оболочкой из полихлорвинила: 1 – медная токопроводящая жила; 2 – изоляционный полихлорвиниловый слой; 3 – эластичный полихлорвиниловый слой; 4 – оплетка из медных луженых проволок; 5 – полихлорвиниловый слой

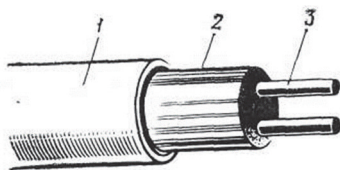


Рисунок 3 – Кабели с минеральной изоляцией: 1 – медная оболочка; 2 – спрессованная окись магния; 3 – медная токопроводящая жила

Весьма перспективно использование судовых кабелей с минеральной и кремнийорганической изоляцией. Кабели с минеральной изоляцией конструктивно отличаются от всех других. Они представляют собой медную трубку, внутри которой запрессованы в окиси магния (магнезии) одна или несколько медных цельных жил. Кабели с минеральной изоляцией огнестойки, не выделяют токсичных газов, компактны, долговечны. К недостаткам этих кабелей следует отнести необходимость герметизации их концов из-за гигроскопичности магнезиевой изоляции, а также отсутствие гибкости, которой обладают кабели с резиновой изоляцией. Такие кабели вместо кабелей КНР позволяют уменьшить площадь поперечного сечения трассы примерно на 50-60 % и сократить массу на 20 %. Кабели с кремнийорганической изоляцией обладают большей надежностью, особенно при высоких температурах.

Библиографический список

1. Попов С.В., Малышев Ю.С. Электротехнические материалы и технологии: конспект лекций. М., 2019. 216 с.
2. Голиков С.П., Черный С.Г., Жук Д.А., Ивановский Н.В. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы: учеб. пособие. М., 2013, 200 с.
3. Вокуев С.Л. Электрооборудование надводных кораблей. Ч. 1. Устройство корабельного электрооборудования. М., 2018. 252 с.
4. Равин А.А., Максимова М.А., Иванчик О.И. Автоматизация судовых энергетических установок. М., 2022. 196 с.

Максим Леонидович Сидлецкий

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНБ-324, Россия, Владивосток, e-mail: avtotorg777@mail.ru

Научный руководитель – Владимир Витальевич Кирюха, канд. техн. наук, доцент

Очистка воздуха от рыбомучной пыли

Аннотация. Рыбомучная пыль является наиболее распространенным фактором загрязнения воздуха на рыбообработывающих предприятиях. Частицы этой мелкодисперсной пыли легко проникают в органы дыхания и представляют особую опасность для человека. Таким образом, очистка воздуха рабочих помещений от мелкодисперсных органических пылевых частиц является важной задачей на рыбомучных производствах. Цель данной работы – анализ литературных источников по вопросам очистки воздушной среды помещений рыбообработывающих предприятий от мелкодисперсной пыли. Для решения проблемы сепарации мелкодисперсных частиц в производственных помещениях применяются пылеуловители сухой (центробежно-инерционные пылеуловители, рукавные фильтры), мокрой (скрубберы) и электрической (электрические фильтры) очистки. Несмотря на многообразие конструкций пылеуловителей в настоящее время не существует универсального способа очистки воздуха от мелкодисперсной пыли. В связи с чем основной задачей при конструировании систем для очистки воздуха на рыбомучном производстве остается повышение эффективности улавливания мелкодисперсной пыли при наименьших энергетических и материальных потерях.

Ключевые слова: очистка воздуха, мелкодисперсная пыль, рыбомучная пыль, пылеуловители.

Maxim L. Sidletskiy

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-324, Russia, Vladivostok, e-mail: avtotorg777@mail.ru

Scientific adviser – Vladimir V. Kiryukha, PhD, Associate Professor

Air purification from fishmeal dust

Abstract. Fishmeal dust is the most common air pollutant in fish processing plants. These fine dust particles easily penetrate into the respiratory system and are an extremely dangerous for humans. Thus, cleaning the air of working premises from fine organic dust particles is an important task in fish-meal production. The aim of this work is to analyze the literary regarding the purification of the air environment of the premises of fish processing enterprises from fine dust. To solve the problem of separation of fine particles in industrial premises, dry (centrifugal inertial dust collectors, bag filters), wet (scrubbers) and electric (electric filters) dust collectors are used. Despite the variety of designs of dust collectors, there is currently no universal way to clean the air from fine dust. In this connection, the main task in the design of systems for air purification in the fish-meal production is to increase the efficiency of capturing fine dust with the least energy and material losses.

Keywords: air purification, fine dust, fishmeal dust, dust collectors.

Введение

Одним из важнейших вопросов охраны труда на рыбообрабатывающих предприятиях является поддержание оптимальных параметров воздушной среды производственных помещений. Рыбомучная пыль является наиболее распространенным фактором загрязнения воздуха на предприятиях такого типа. Переработка низкосортной рыбы и рыбных отходов в рыбную муку (тук) сопровождается попаданием в окружающий воздух пылевой взвеси из частиц с аэродинамическим диаметром менее 1 мкм [1]. Частицы такого размера находятся во взвешенном состоянии в течение длительного времени и переносятся на большие расстояния вентиляционными потоками воздуха, а скорость их осаждения составляет всего 0,003 см/с [2]. Мелкофракционная пыль представляет особую опасность для человека в связи с ее способностью легко проникать в органы дыхания. При длительном воздействии она приводит к развитию профессиональных заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, аллергии, поражению глаз и кожи, острым и хроническим отравлениям [3, 4]. Таким образом, очистка воздуха рабочих помещений от мелкодисперсных органических пылевых частиц является важной задачей на рыбномучных производствах.

Цель данной работы – анализ литературных источников по вопросам очистки воздушной среды помещений рыбообрабатывающих предприятий от мелкодисперсной пыли.

Обсуждение

Для решения проблемы сепарации мелкодисперсных частиц в производственных помещениях применяются различные устройства для улавливания пыли. По способу действия их подразделяют на аппараты сухой, мокрой и электрической очистки. В основе работы сухих пылеуловителей лежат гравитационные, инерционные и центробежные механизмы осаждения. Самостоятельную группу аппаратов сухой очистки составляют пылеуловители фильтрационного действия. В основе работы мокрых пылеуловителей лежит контакт запыленных газов с промывной жидкостью. В электрофильтрах осаждение частиц пыли происходит за счет сообщения им электрического заряда [4].

Наиболее распространенными сухими пылеуловителями, применяемыми в промышленности, являются циклоны. Пылегазовый поток вводится в циклон через патрубок, далее он совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса; частицы пыли отбрасываются к стенкам циклона и затем падают вниз в сборник пыли (бункер), откуда периодически удаляются. Для повышения эффективности работы применяют групповые циклоны. Циклоны отличаются простотой конструкции, надежностью в эксплуатации, отсутствием специального технического обслуживания. Однако, существенным недостатком этих устройств заключается в малой эффективности улавливания тонких фракций пыли: не более 40 % для пыли дисперсностью менее 20 мкм. Причина низкой эффективности улова мелкодисперсной пыли сухими циклонами заключается в том, что с уменьшением размера частицы увеличивается отношение силы трения газового потока к центробежной силе, действующей на частицу. Поэтому мелкие частицы увлекаются газовым потоком и не оседают в циклоне. Циклоны рекомендуется использовать для предварительной очистки воздуха и устанавливать перед воздушными фильтрами и электрофильтрами. [4, 5-7].

Для повышения эффективности улавливания мелкодисперсных частиц пыли был создан новый класс аппаратов циклонного типа – центробежно-инерционные пылеуловители (ЦИП). Их конструкция обеспечивает возможность возврата тонких фракций пыли размером менее 10 мкм обратно в циклон благодаря специальной конструкции выходного патрубка пылеуловителя, давая тем самым дополнительный шанс частицам пыли, оказавшимся во вторичном потоке, вновь пройти через поле центробежных сил внутри циклона и улавливаться. ЦИП отличается простотой конструкции, надежностью в эксплуатации, отсутствием специального технического обслуживания, высокой эффективностью улавливания мелкодисперсной пыли из загрязненных воздушных потоков, что позволяет сделать вывод о том, что на современном рынке пылеочистных аппаратов ЦИП составляет достойную альтернативу высокоэффективным тканевым фильтрам и электрофильтрам [4, 5].

В различных отраслях промышленности со значительной концентрацией мелкой пыли широко применяются фильтрационные аппараты. Очистка происходит при прохождении запыленного потока через слой пористого материала. Для поддержания режима фильтрации в требуемых пределах нужно своевременно удалять из фильтра задержанные пылевые частицы. Подбором фильтровального материала и режима очистки можно достичь требуемой степени очистки в фильтре практически во всех необходимых случаях. Стоимость очистки в фильтрах выше, чем в большинстве других аппаратов, что объясняется большей конструктивной сложностью фильтров, большим расходом электроэнергии [8]. Для очищения значительных объемов воздушного пространства от мелкодисперсной пыли часто используются рукавные фильтры. В корпусе таких фильтров расположены рукава из ткани, через которые проходит поток загрязненного воздуха из нижнего патрубка. Грязь оседает на ткани, а чистый воздух выходит из патрубка в верхней части фильтра. В качестве профилактики, рукава периодически встряхиваются, грязь с рукавов падает в специальный отстойник. Среди достоинств рукавных фильтров стоит отметить независимость эффективности очистки от изменения свойств улавливаемой пыли, возможность сделать процесс очистки воздуха автоматизированным. Недостатками таких фильтров являются: необходимость производить замену отдельных перегородок, трата энергии на продув/вибровстряхивание фильтроматериала [1, 9].

Для мокрой очистки воздуха чаще всего используются скрубберы. В этих устройствах поток загрязненного газа проходит через поток мелкодисперсных капель воды, они обволакивают пыль и под действием силы тяжести оседают и стекают в специальный отстойник в виде шлама. С учетом конструктивных особенностей выделяют скрубберы Вентури, центробежные, форсуночные, ударно-инерционные и барботажно-пенные скрубберы. Главным преимуществом данных устройств является простота в изготовлении, низкая стоимость аппаратуры и затрат на ее обслуживание. К недостаткам можно отнести вынос в атмосферу водяных паров, необходимость дополнительных систем для переработки шлама, повышенная коррозия аппаратов и газоходов [1, 9].

Из всех известных устройств наиболее универсальным и перспективным аппаратом для тонкой очистки пыли из промышленных газов является электрофильтр. В таких устройствах газовый поток проходит через электрическое поле, мелкодисперсные частицы получают электрический заряд, после чего они оседают на заземленных осадительных электродах, с которых они периодически удаляются. Чем выше напряженность поля и Данные фильтры способны улавливать частицы размером от 100 до 0,01 мкм. Главным достоинством электрофильтров является возможность сконструировать полностью автоматизированный процесс для любой степени очистки газов с эффективностью до 99 % с достаточно небольшим расходом электроэнергии [1, 2, 9, 10].

В отличие от крупноразмерной пыли, для очистки воздуха от мелкодисперсных частиц зачастую требуется применение не одного, а нескольких аппаратов, установленных последовательно, так как с уменьшением диаметра частиц наблюдается падение эффективности очистки. Несмотря на многообразие конструкций пылеуловителей, в настоящее время не существует универсального способа очистки воздуха от мелкодисперсной пыли. Всем этим устройствам присущи определенные достоинства и недостатки. Выбор устройства должен определяться с учетом физико-химических свойств загрязняющего компонента, особенностей производственного процесса, требований к чистоте воздуха, технических и экономических возможностей предприятия. В связи с чем основной задачей при конструировании систем для очистки воздуха на рыбномучном производстве остается повышение эффективности улавливания мелкодисперсной пыли при наименьших энергетических и материальных потерях.

Библиографический список

1. Кирюха В.В., Горбенко Ю.М., Ибрагимова О.Н. и др. Вопросы очистки воздуха рыбоперерабатывающих предприятий от мелкодисперсной технологической пыли: монография. Владивосток, 2020. 101 с.

2. Ворожцов Б.И., Степкина М.Ю., Кудряшова О.Б. Проблематика и особенности использования электростатических полей для нейтрализации мелкодисперсных аэрозолей // Южно-Сибирский научный вестник. 2014. № 2. С. 67–69.
3. Калаева С.З.К., Муратова К.М., Чеботарев П.В. Влияние мелкодисперсной пыли на биосферу и человека // Изв. Тульского гос. ун-та. Науки о земле. 2016. № 3. С. 40–63.
4. Муратова К.М. Защита биосферы и человека от мелкодисперсной пыли // Вестник Рыбинской гос. авиационной технологической академии им. ПА Соловьева. 2016. № 1. С. 130–136.
5. Титенок А.В., Амелин А.В., Каценко Е.Н. Производственная пыль // Вестник Брянской гос. сельскохозяйств. академии. 2020. № 4(80). С. 62–72.
6. Каплунов Д.Р., Калаева С.З.К., Муратова К.М. Анализ конструкций пылеуловителей циклонного типа для мелкодисперсной пыли // Изв. Тульского гос. ун-та. Науки о земле. 2018. № 2.
7. Мисюля Д.И., Кузьмин В.В., Марков В.А. Сравнительный анализ технических характеристик циклонных пылеуловителей // Тр. БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. 2012. № 3. С. 154–163.
8. Петров В.И., Шамсутдинов И.И., Мусина Г.Р. Анализ работы вихревых пылеуловителей // Современные проблемы экологии: доклады XXV Междунар. науч.-практ. конф. Тула: Инновационные технологии, 2020. С. 46.
9. Котлов В.Е., Сергеева Е.А., Пуринг С.М. Стадии и методы очистки от мелкодисперсных твердых частиц производственной пыли // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии. 2021. С. 752–757.
10. Негадаев В.А., Касымов М.Р., Рыбин Д.С. Электронный уловитель пыли // Современные тенденции и инновации в науке и производстве. 2019. С. 1291–1296.

Андрей Александрович Тараненко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНб-312, Россия, Владивосток, e-mail: sanyc7650@gmail.com

*Научный руководитель – Ирина Михайловна Слабженникова, канд. физ.-мат. наук,
доцент*

Исследование интерактивной модели «Принцип работы направленных МТЗ»

Аннотация. Проведены исследования по оценке влияния положения короткого замыкания относительно защиты, соотношения активного и реактивного сопротивлений линии от шин до точки КЗ и активного сопротивления дуги, возникающей в месте повреждения, на векторные диаграммы и на реле направления мощности.

По результатам исследования построены графики зависимости проекции тока на линию максимального момента от соотношения активного и реактивного сопротивлений, от места короткого замыкания и от величины активного сопротивления дуги; сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: направленные МТЗ, короткое замыкание, векторная диаграмма токов и напряжений, реле направления мощности, защита, сопротивление, общая энергетика.

Andrei A. Taranenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-312, Russia, Vladivostok, e-mail: sanyc7650@gmail.com

Scientific adviser – Irina M. Slabzhennikova, PhD, Associate Professor

Study of the interactive model "The principle of operation of directed MTS"

Abstract. In the work, studies were carried out to assess the influence of the position of a short circuit relative to protection, the ratio of the active and reactive resistances of the line from the busbars to the short circuit point and the active resistance of the arc that occurs at the fault site on vector diagrams and on the power direction relay.

According to the results of the study, graphs of the dependence of the projection of the current on the line of maximum torque on the ratio of active and reactive resistance, on the place of the short circuit and on the value of the active resistance of the arc were plotted; appropriate conclusions have been drawn.

Keywords: directional overcurrent, short circuit, current and voltage vector diagram, power direction relay, protection, resistance, general energy.

Изучение дисциплины «Релейная защита и автоматика» и других энергетических дисциплин ставит своей целью формирование знаний о грамотной выработке, передаче и использовании электроэнергии. Практические занятия являются одной из главных форм работы студентов на протяжении всего обучения, которые помогают достичь цели, изучаемые в курсе «Релейная защита и автоматика» и энергетических дисциплин в целом. При выполнении практических заданий «Принцип работы направленных МТЗ» формируются

компетенции, позволяющие студентам применять методы анализа, моделирования и теоретического исследования при изучении токов короткого замыкания.

Для данной работы основной целью является оценка влияния положения короткого замыкания (КЗ) относительно защиты, соотношения активного и реактивного сопротивлений линии от шин до точки КЗ и активного сопротивления дуги, возникающей в месте повреждения, на векторные диаграммы и на реле направления мощности. Данное исследование наиболее актуально в наше время, так как все производства и инфраструктура завязаны на электросетях, в которых могут возникать проблемы в результате появления КЗ.

Для наиболее эффективного изучения данной темы, в первую очередь, студентам необходимо разобраться в понятиях «ток КЗ» и «МТЗ».

Ток короткого замыкания – это сверхток в электрической цепи при коротком замыкании или возрастающий электрический импульс ударного типа. Из-за его появления могут расплавиться провода, выйти из строя некоторые электрические приборы.

Токи короткого замыкания возникают по причине высокого уровня напряжения (его резкий скачок), старого изоляционного покрытия, внешнего механического воздействия, попадания посторонних предметов на электрическую цепь, ударов молнии.

Ток КЗ возникает в результате объединения 2 любых точек (обладающих различным потенциалом), которые находятся в электрической цепи [1]. Такое соединение не предусмотрено нормальным режимом функционирования цепи, что приводит к критическим показателям силы тока на месте объединения этих точек. Ток образуется по короткому пути, минуя приборы, отчего и называется током короткого замыкания.

При работе с любыми электрическими цепями есть опасность возникновения КЗ, что может повлечь за собой падение уровня напряжения в цепи (риск выведения из строя электрического прибора), повреждение термического и механического типа (возгорание проводки и других элементов), а также опасность для жизни обслуживающей бригады.

Для уменьшения опасности и решения проблемы КЗ в электросистемах разработали специальную защиту, реагирующую на значение тока и направление (знак) мощности КЗ, которая называется максимальной токовой направленной защитой [1]. Эта защита представляет собой МТЗ, дополненную реле направления мощности.

Защита в электрических сетях срабатывает только при выполнении условий:

- ток превышает заданное значение (уставку тока срабатывания);
- знак мощности КЗ соответствует короткому замыканию в защищаемом направлении.

МТЗ состоит из таких элементов (органов защиты), как:

- токовое реле, реагирующее на появление КЗ (пусковой орган защиты);
- реле направления мощности (РНМ);
- орган, определяющий знак мощности КЗ (орган направления мощности);
- реле времени (орган времени).

Для проведения эксперимента использовалась виртуальная лаборатория сайта Проект «РЗА», посвящённая защите и автоматике электрических сетей, а также смежным областям электротехники [3]. Нами было выполнено виртуальное исследование модели «Принцип работы направленных МТЗ (реле РНМ)», включающее в себя 3 этапа.

Основными расчетными формулами для проведения исследования служат:

- формула вращающего момента реле [1]

$$M = k_P \cdot U_P \cdot I_P \cdot \sin(\alpha - \varphi_P) = k_P \cdot S_P, S_P = U_P \cdot I_P \cdot \sin(\alpha - \varphi_P), \quad (1)$$

где k_P – постоянный коэффициент, определяемый параметрами реле; U_P , I_P – напряжение и ток на зажимах реле мощности; φ_P – угол сдвига фаз между U_P и I_P , который определяется параметрами сети и схемой включения реле; α – угол внутреннего сдвига реле;

- формула расчета угла внутреннего сдвига реле, определяемый индуктивным и активным сопротивлением обмотки напряжения РНМ, α имеет постоянную величину, равную 0° , 90° или α_1 ($90^\circ > \alpha_1 > 0^\circ$) [1]

$$\alpha = 90^\circ + \varphi_{\text{мч}}, \quad (2)$$

где $\varphi_{\text{мч}}$ – угол максимальной чувствительности – угол $\varphi_{\text{р}}$, при котором вращающий момент реле достигает максимального значения.

Также следует учесть, что реле направления мощности включаются, как правило, на фазный ток и фазное или междуфазное напряжение. Сочетание фаз тока и напряжения питающих реле, называемое схемой его включения, должно быть таким, чтобы реле правильно определяло знак мощности КЗ при всех возможных случаях и видах повреждений и чтобы к нему подводилась наибольшая мощность $S_{\text{р}}$. Мощность $S_{\text{р}}$ может иметь недостаточную для срабатывания реле величину при КЗ, близких к месту установки реле, за счет снижения напряжения $U_{\text{р}}$ или при неблагоприятных значениях угла $\varphi_{\text{р}}$, при котором $\sin(\alpha - \varphi_{\text{р}})$ равен или близок нулю.

Важно помнить, что в отечественных энергосистемах принято использовать в направленных токовых защитах так называемую 90-градусную схему включения реле направления мощности. Схема условно именуется по углу $\varphi_{\text{р}}$ между током и напряжением, подведенным к реле в симметричном 3-фазном режиме при условии, что токи в фазах совпадают с одноименными фазными напряжениями [2].

Методика выполнения 1-го этапа.

Реле направления мощности включены по 90-градусной схеме включения. Угол максимальной чувствительности – 45° .

Цель: исследовать векторную диаграмму токов и напряжений на зажимах реле в зависимости от соотношения активного и реактивного сопротивлений линии от шин до точки КЗ [3].

1. Выбрать тип короткого замыкания: трёхфазное.

2. Установить значения ЭДС одинаковыми по величине и фазе.

3. Установить значения сопротивления системы слева и справа от защиты одинаковыми.

4. Сопротивление дуги установить 0 Ом.

5. Выбрать место короткого замыкания: $L/4$.

6. Нарисовать векторную диаграмму реле направления мощности. Отметить на ней линию изменения знака момента, линию максимального момента.

7. Показать на векторной диаграмме два предельных положения вектора I_A : I_{A1} и I_{AII} . Записать, при каких соотношениях активного и реактивного сопротивлений линии наблюдаются эти положения.

8. Изменяя соотношения активного и реактивного сопротивлений линии, определить угол сдвига фаз между $U_{\text{р}}$ и $I_{\text{р}}$ ($\varphi_{\text{р}}$), проекцию тока I_A на линию максимального момента ($I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_{\text{р}})$).

9. Повторить действия по пунктам 6-8 для других положений места короткого замыкания. Результаты записать в табл. 1.

10. По данным табл. 1 на одной системе координат построить графики зависимости $I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_{\text{р}}) = f(x/r)$.

11. Учтя, что вращающий момент реле $M \sim I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_{\text{р}})$, по графикам сделать выводы об изменении момента реле.

На основании анализа векторной диаграммы и расчётов, проведённых по формулам (1) и (2), нами были получены следующие результаты, представленные в табл. 1.

На рис.1 показан график зависимости проекции тока на линию максимального момента от соотношения активного и реактивного сопротивления, построенный на одной системе координат для трёх различных мест короткого замыкания полученных в результате расчётов.

По результатам выполнения нами первого этапа следует вывод, **что в диапазоне $(0 < x/r < 1)$ ток возрастает, а в диапазоне $(1 < x/r < \infty)$ он стремится к нулю.**

Методика выполнения 2-го этапа.

Цель: исследовать векторную диаграмму токов и напряжений на зажимах реле в зависимости от положения точки короткого замыкания (КЗ) [3].

1. Выбрать тип короткого замыкания: трёхфазное КЗ.

2. Установить значения ЭДС одинаковыми по величине и фазе.
3. Установить значения сопротивления системы слева и справа от защиты одинаковыми.
4. Сопротивление дуги установить 0 Ом.
5. Выбрать соотношение активного и реактивного сопротивлений линии, при котором вращающий момент принимает максимальное значение.

Таблица 1

l=1/4L, y.e.			l=2/4L, y.e.			l=3/4L, y.e.		
φ_P , град.	$I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_P)$, А	x/r	φ_P , град.	$I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_P)$, А	x/r	φ_P , град.	$I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_P)$, А	x/r
-85	2,66	0,1	-85	2,241	0,1	-85	1,909	0,1
-82	2,56	0,1	-82	2,16	0,1	-82	1,92	0,1
-80	2,62	0,2	-80	2,296	0,2	-80	1,968	0,2
-76	2,84	0,25	-76	2,408	0,25	-76	2,064	0,25
-62	3,26	0,5	-62	2,88	0,5	-62	2,496	0,5
-45	3,5	1	-45	3,1	1	-45	2,7	1
-26	3,21	2	-26	2,835	2	-26	2,456	2
-11	2,74	4	-11	2,407	4	-11	2,075	4
-7	2,61	6	-7	2,212	6	-7	1,896	6
-6	2,57	8	-6	2,106	8	-6	1,872	8
-5	2,54	10	-5	2,079	10	-5	1,771	10

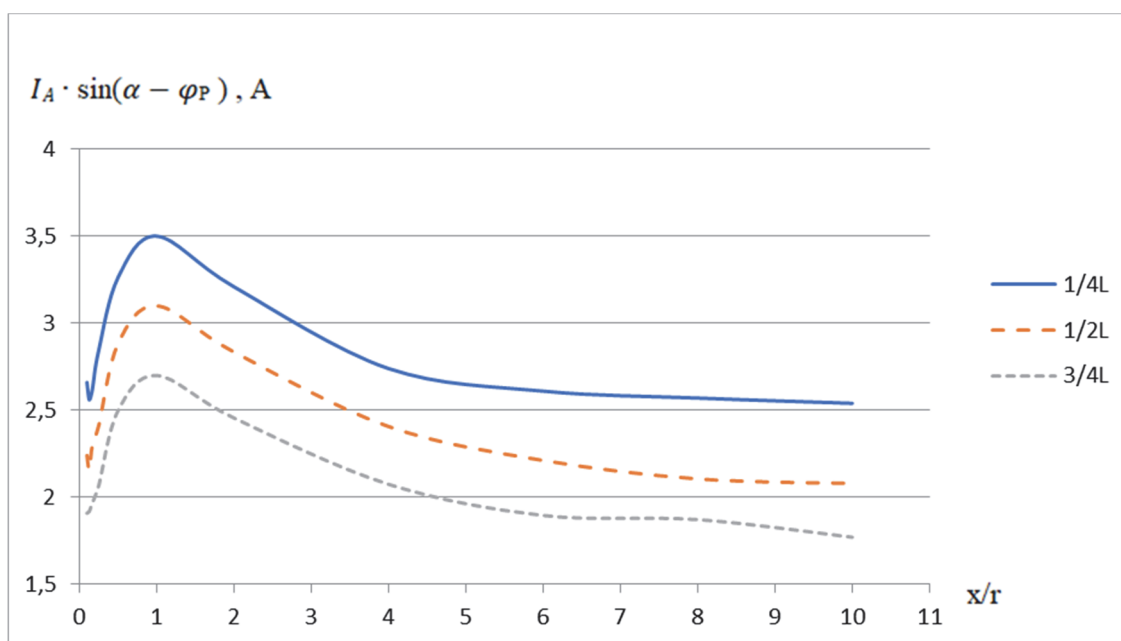


Рисунок 1 – График зависимости $I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_P) = f(x/r)$

6. Изменяя место короткого замыкания, определить величину $I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_P)$, данные записать в табл. 2.
7. По данным табл. 2 построить график зависимости $I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_P) = f(l)$.
8. По графику сделать вывод об изменении момента реле в зависимости от положения точки КЗ относительно защиты.

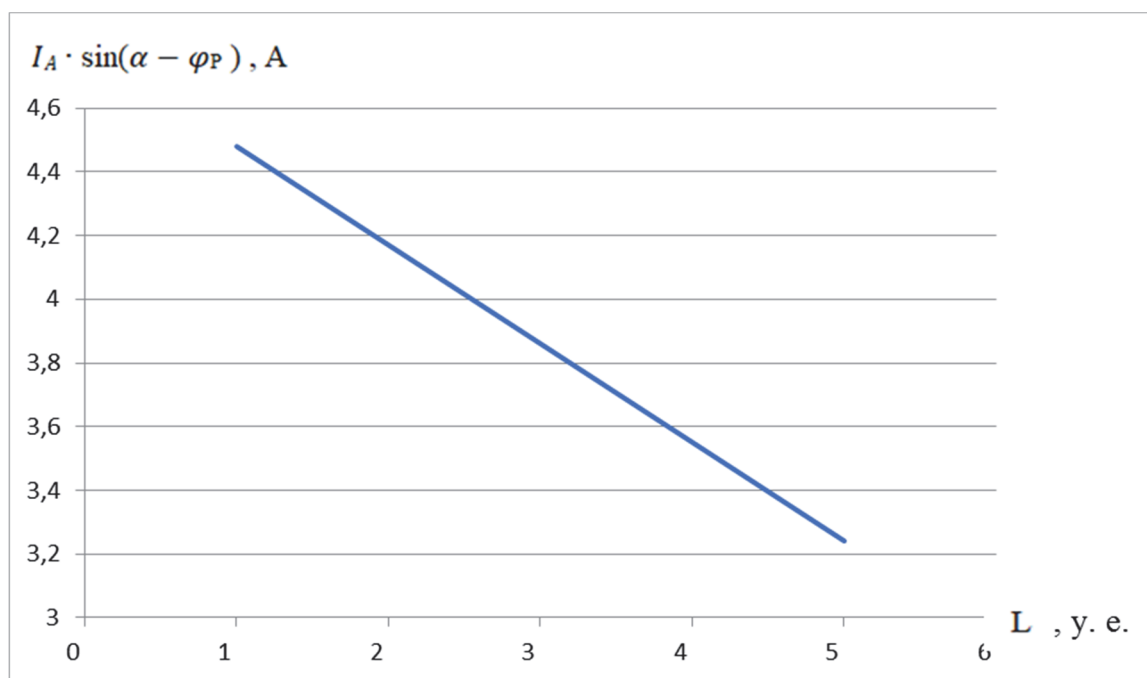
Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

$I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_P)$, у.е.	L, у.е.
4,5	1
4,2	2
3,8	3
3,5	4
3,3	5

На рис. 2 показан график зависимости проекции тока на линию максимального момента от положения точки короткого замыкания.

По результатам выполнения второго задания следует вывод, что, чем ближе точка КЗ относительно защиты, тем больше момент реле, тем более надёжно сработает реле направления мощности.

Рисунок 2 – График зависимости $I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_P) = f(l)$

Методика выполнения 3-го этапа.

Цель: исследовать векторную диаграмму токов и напряжений на зажимах реле в зависимости от величины активного сопротивления дуги, возникающей в месте повреждения [3].

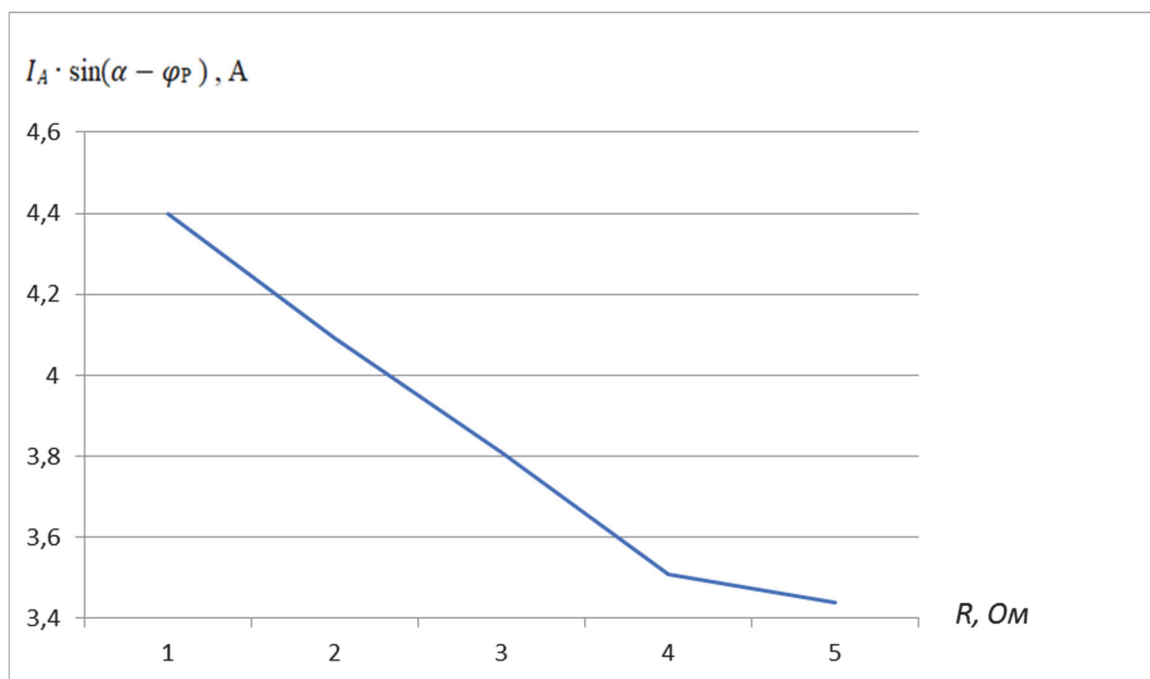
1. Выбрать тип короткого замыкания: трехфазное КЗ.
2. Установить значения ЭДС одинаковыми по величине и фазе.
3. Установить значения сопротивления системы слева и справа от защиты одинаковыми.
4. Выбрать соотношение активного и реактивного сопротивлений линии, при котором вращающий момент принимает максимальное значение.
5. Изменяя величину активного сопротивления дуги, определить значения φ_P и $I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_P)$, данные записать в табл. 3.
6. По данным табл. 3 построить график зависимости $I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_P) = f(R)$.
7. По графику сделать вывод об изменении момента реле в зависимости от величины активного сопротивления дуги, возникающей в месте повреждения.

Полученные нами результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

φ_P , град.	$I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_P)$, у. е.	R, Ом
-45	4,4	1
-63	4,09	2
-70	3,81	3
-76	3,51	4
-78	3,44	5

На рис. 3 показан график зависимости проекции тока на линию максимального момента от величины активного сопротивления.

Рисунок 3 – График зависимости $I_A \cdot \sin(\alpha - \varphi_P) = f(R)$

По результатам выполнения третьего задания следует вывод, что, **чем ниже величина активного сопротивления дуги, возникающей в месте повреждения, тем больше момент реле, тем более надёжно работает реле направления мощности.**

В результате проведённого исследования мы убедились, что положение точки короткого замыкания оказывает существенное влияние на векторные диаграммы и на реле направления мощности относительно защиты, соотношения активного и реактивного сопротивления линии от шин до точки КЗ и активного сопротивления дуги, возникающей в месте повреждения.

Библиографический список

1. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2002. 528 с.
2. Векторные диаграммы в схемах релейной защиты и автоматики: практ. пособие / сост. Ф.Д. Кузнецов; под ред. Б.А. Алексева. М.: Изд-во ЭНАС, 2002. 64 с.
3. Проект РЗА [Электронный ресурс]. URL: <https://pro-rza.ru/>.

Вадим Романович Федулин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ЭНб-412, Россия, Владивосток, e-mail: mr.titan7@mail.ru

Научный руководитель – Юрий Михайлович Горбенко, канд. техн. наук, доцент

Способы компенсации реактивной мощности

Аннотация. Одной из важнейших задач электроэнергетики является создание и передача качественной электроэнергии. Это достигается путем компенсации реактивной мощности (КРМ), которая позволяет разгрузить линии электропередачи (ЛЭП), силовые трансформаторы и распределительные устройства, а также улучшить качество электрической энергии в сети, увеличить срок работы оборудования. С КРМ возможно подключение дополнительной активной нагрузки без увеличения мощности трансформаторов и без увеличения сечений линий питающих сетей, что в свою очередь уменьшает потери и расход электроэнергии.

Для выполнения компенсации потребуются специальные устройства и электротехнические элементы, которые и будут рассмотрены.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, КРМ, установки компенсации реактивной мощности, УКРМ, электроэнергетика.

Vadim R. Fedulin

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-412, Russia, Vladivostok, e-mail: mr.titan7@mail.ru

Scientific adviser – Yuri M. Gorbenko, PhD, Associate Professor

Methods of reactive power compensation

Abstract. One of the most important tasks of the electricity sector is to create and transmit quality electricity. This is achieved through reactive power compensation (RPC). RPC allows: relieving transmission lines, power transformers and switchgear, as well as improving the quality of electricity in the network and increasing the service life of equipment. With RPC it is possible to connect additional active load without increasing the capacity of transformers and without increasing the cross-section of the supply lines, which in turn reduces losses and electricity consumption.

Compensation will require special devices and electrical elements, which will be discussed in the article.

Keywords: reactive power compensation, RPC, reactive power compensation plants, RPCP, electric power industry.

Введение

При компенсации реактивной мощности следует использовать соответствующие устройства, такие как конденсаторные батареи, шунтирующие реакторы, синхронные компенсаторы, статические тиристорные компенсаторы, фильтры высших гармоник. Но при

их выборе следует учитывать несколько факторов: стоимость, сложность эксплуатации и ремонт устройства, и, самое главное, его эффективность. Так, например, существенным минусом шунтирующих реакторов является вызываемое ими падение напряжения. Эффективность работы синхронных компенсаторов сильно зависит от их расположения к потребителю, поэтому они должны устанавливаться как можно ближе к потребителю энергии, не нагружая, тем самым, сеть реактивными. Статические тиристорные компенсаторы имеют сложную конструкцию и высокую стоимость. Фильтры-компенсаторы дороги, и их рационально использовать только при стационарных нагрузках.

Подробнее эффективность устройств и их работа для компенсации реактивной мощности будут рассмотрены в основной части статьи, где, исходя из подробного анализа, будут сделаны выводы в выборе устройства.

Обсуждение

Конденсаторные батареи. Данный тип устройства для компенсации является самым простым и надежным в применении. Их сборка состоит из отдельных конденсаторных элементов, производятся они на соответствующее напряжение и мощность (в зависимости от области применения). Батареи отдают реактивную мощность в систему, и, в свою очередь, идет снижение перетоков мощности сети, из-за чего происходит снижение потерь активной мощности и к уменьшению потерь напряжения, что позволяет значительно сократить нагрузки в ЛЭП и в трансформаторах [1].

Одной из таких батарей является батарея статических конденсаторов (БСК). БСК просты, как в монтаже, так и в эксплуатации, что позволяет свободно выполнять внутреннюю и наружную установки. Компоненты БСК представляют собой конденсаторные батареи, установленные токоограничивающие реакторы, измерительные трансформаторы и шкафы коммутаций. Батареи конденсаторов создаются на мощность от 5 до 200 МВар, на напряжения – 6, 10, 35, 110, 220 кВ.

Конденсатор – компонент КБ, состоящий из нескольких проводников, разделённых диэлектриком. Одно из свойств конденсатора это накопление электрического заряда и его отдача, т.е. устройство способно заряжаться и разряжаться под напряжением. Заряд конденсатора зависит от его емкости и от напряжения в проводниках, поэтому значения заряда больше, когда больше и его емкость, и напряжение в проводниках. Емкость конденсатора же больше, когда больше внутренняя поверхность проводника, образующий конденсатор, и когда расстояние между проводниками меньше.

Шунтирующие реакторы. Основная спецификация реакторов – это компенсация реактивной мощности в ЛЭП, так как линии обладают емкостью относительно земли. Два проводника, которые разделены изолятором, представляют собой конденсатор или же емкость. Значение зарядной емкости линии относительно земли зависит от длины этой самой линии, её конструктивных особенностей и других полагающих факторов. Так или иначе, ёмкость воздушных линий ниже, чем кабельных линий. Шунтирующие реакторы создаются на мощность от 14 до 600 МВар, на напряжения – 110-1150 кВ [2].

Зарядную емкость называют еще паразитной. Вследствие передачи электрической энергии через ЛЭП некая часть мощности затрачивается на заряд и разряд ёмкости, что сказывается на производительности, и данные потери становятся недопустимо высокими для протяженных ЛЭП. Включение реактора в трехфазной сети параллельно зарядной ёмкости линии позволяет снизить потери при передаче электроэнергии. Реактор электрически является индуктивностью, а ёмкость и индуктивность являются реактивными элементами. В сети переменного тока реактивные элементы циклически запасают электроэнергию, а после отдают обратно в сеть, и цикл в них происходит в противофазе. Так, при включении шунтирующего реактора, реактивное сопротивление, равное зарядной ёмкости, заряд и разряд ёмкости ЛЭП будет происходить за счет энергии магнитного поля реактора, а энергия генераторов сети не будет расходоваться во время этого процесса. Это приведет к уменьшению потерь и к увеличению пропускной способности ЛЭП.

Синхронные компенсаторы – это синхронные двигатели с облегченной конструкцией, созданные для работы на холостом ходу. Как известно, потребители электрической энергии, кроме активной мощности, также потребляют и реактивную мощность от генераторов системы. К таким потребителям, требующим изрядные намагничивающие реактивные токи для генерации и сохранения магнитного потока, относятся трансформаторы, асинхронные двигатели, индукционные печи и т.п., отчего работа распределительных сетей происходит с отстающими токами.

Генератор вырабатывает реактивную мощность с меньшими затратами. Но передача от генераторов реактивной мощности связано с добавочными потерями в ЛЭП и в трансформаторах. Из чего следует, что в целях выгоды и экономии, для получения реактивной мощности используются синхронные компенсаторы, находящихся на узловых подстанциях системы или вблизи потребителей.

Так как возбуждение синхронных двигателей происходит с помощью постоянного тока, они способны не потреблять реактивную мощность из сети, а работая в режиме перевозбуждения, отдают в сеть реактивную мощность. В результате улучшается коэффициент мощности сети, и уменьшаются падение напряжения и потери в ней. Синхронные компенсаторы создаются с мощностью 10; 16; 25; 32; 50; 100; 160 МВ·А, на напряжения – от 6,6 до 15,75 кВ [3].

Статический тиристорный компенсатор (СТК) – это регулируемый источник реактивной мощности, подключающийся на шины потребителя. С помощью конденсаторов фильтров высших гармоник идет выработка реактивной мощности СТК, равная значению максимальной реактивной мощности, предназначенная для конкретного потребителя. Статический тиристорный компенсатор осуществляет регулирование реактивной мощности. Управляя током реакторов, устройство компенсирует чрезмерную мощность конденсаторов фильтров высших гармоник.

Система управления и защиты СТК обеспечивает быструю компенсацию реактивной мощности нагрузки и поддержание регулируемого параметра, выполняет защиту оборудования, контроль и сигнализацию отказов и может быть дополнена или улучшена под конкретные требования. Время действия системы регулирования СТК на настройку управляемого параметра составляет от 5 до 100 мс в зависимости от типа нагрузки и от типа подстанции. СТК имеет уровень автоматизации, обеспечивающий его работу без постоянного присутствия персонала.

В зависимости от объекта электроснабжения, номинальной мощности и его параметров системы мощности и вида компенсируемой нагрузки выбирается подходящая схема статических тиристорных компенсаторов, которые создаются на мощность от 1 до 360 МВар, на напряжения – 6-220 кВ [4].

Фильтры высших гармоник представляют собой набор резонансных контуров. Они значительно уменьшают возникающие под действием нелинейной нагрузки несинусоидальные искажения. Немаловажным фактором эффективности устройства является его способность генерировать реактивную мощность на основной частоте. Резонансная частота задается рабочими параметрами фильтрового реактора, который, также как и конденсаторы, входит в состав силовой части устройства. Фильтры высших гармоник создаются на мощность от 1.2 до 7.6 МВар, на напряжения – 6-10 кВ. [5]

Ёмкость конденсаторной установки и индуктивность сети могут образовать параллельный резонансный контур, в котором токи гармоник способны достигать величин, превышающих норму в 20 раз. Если собственная частота резонансного контура соответствует частоте имеющейся гармоники, возникают искажения тока, которые приводят к дальнейшему искажению напряжения. Вот почему на коррекцию коэффициента мощности может влиять присутствие гармоник в сети.

В системах с гармониками коррекция коэффициента мощности должна производиться с помощью фильтров гармоник. Такие фильтры состоят из последовательно соединённых конденсаторов с фильтрами и могут компенсировать реактивную мощность на частоте сети без усиления гармоник.

Гармоники являются причиной множества проблем в электросетях - от различных сбоев, до повреждения оборудования. Решение проблемы - использование фильтров гармоник. Фильтры гармоник, или резонансные фильтры, защищают сеть от токов высших гармоник, возникающих из-за нелинейной нагрузки, и снижают искажение напряжения до приемлемого уровня. Кроме того, они генерируют в сеть реактивную мощность на основной частоте (номинальной частоте сети).

Заключение

На данный момент, чтобы повысить качество электроэнергии, нужно работать с компенсацией реактивной мощности, ведь она позволяет решить проблему электроснабжения. Правильный выбор устройства компенсации позволяет уменьшить сдвиг по фазе между напряжением и током, что приводит к уменьшению реактивной составляющей тока и, следовательно, полной потребляемой мощности. Большинство предприятий используют конденсаторные батареи из-за их конструктивной простоты, экономичности и долговечности по сравнению с другими устройствами, что делает их самыми эффективными.

Библиографический список

1. Жилиев Д.А., Башенёв М.И., Жилиев А.А. Сравнение и анализ устройств компенсации реактивной мощности [Электронный ресурс] // Современная техника и технологии. 2022. URL: <https://technology.snauka.ru/2017/07/13714> (дата обращения: 10.04.2022).
2. Хайдаров К.А. Описание шунтирующего реактора [Электронный ресурс] // Частное Боровское исследовательское учреждение по внедрению новых технологий. 2021. URL: <http://bourabai.ru/toe/reactors.htm> (дата обращения: 10.04.2022).
3. Ваганович Л.В. Синхронные компенсаторы [Электронный ресурс] // Все об энергетике, электротехнике и электронике. 2022. URL: <https://pue8.ru/vybor-elektrooborudovaniya/505-sinkhronnye-kompensatory.html> (дата обращения: 10.04.2022).
4. Константинов Б.А., Зайцев Г.З. Статические тиристорные компенсаторы 6, 10, 35 кВ [Электронный ресурс] // Центр разработки электротехнических устройств. 2017. URL: <http://ckdelektroprom.ru/products/fku/stk-6-10-35-kv/> (дата обращения: 10.04.2022).
5. Замула К.В., Соколов Ю.В., Карманов А.В. Фильтр гармоник как средство повышения качества электрической энергии [Электронный ресурс] // Научно-технический Центр Всероссийского электротехнического института. 2016. URL: <https://www.energy-t.ru/about/articles/aktivnyij-filtr-garmonik-kak-sredstvo-povyisheniya-kachestva-elektricheskoy-energii.html> (дата обращения: 10.04.2022).

Евгений Ринатович Шарафутдинов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ЭНБ-412; Россия, Владивосток, e-mail: zhenyasharafutdinov8@gmail.com

Научный руководитель – Юрий Михайлович Горбенко, канд. техн. наук, доцент

Современные линии электропередач

Аннотация. Линии электропередач являются одним из основных объектов, обеспечивающих передачу электроэнергии. На сегодняшний день актуализируются вопросы, связанные с разработкой инновационных технологий из данной области. Современные линии электропередач имеют высокие технико-экономические показатели, что напрямую связано с развитием отрасли и технологическим прогрессом в целом. Основной целью является изучение современных технологий и инноваций на линиях электропередач. Автором применяются теоретические и статистические методы исследования, а также используются научные материалы отечественных и зарубежных авторов. Теоретическая значимость работы заключается в уточнении и систематизации имеющихся данных о современных линиях электропередачи. Практическая значимость работы состоит в возможности использования представленных материалов в дальнейших исследованиях по данной теме и разработке перспективных решений, требующих изучения предметной области.

Ключевые слова: электричество, линия электропередачи, инновация, технологический прогресс, электроэнергия, технология.

Eugeny R. Sharafutdinov

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-412; Russia, Vladivostok, e-mail: zhenyasharafutdinov8@gmail.com

Scientific adviser – Yuri M. Gorbenko, PhD, Associate Professor,

Modern power lines

Abstract. Power transmission lines are one of the main facilities providing the transmission of electricity. To date, issues related to the development of innovative technologies from this area are being update. Modern power transmission lines have high technical and economic indicators, which directly related to the development of the industry and technological progress in general. The main purpose of this article is to study modern technologies and innovations on power lines. The author applies theoretical and statistical research methods, as well as uses scientific materials of domestic and foreign authors. The theoretical significance of the work is to clarify and systematize the available data on modern power transmission lines. The practical significance of the work consists in the possibility of using the presented materials in further research on this topic and the development of promising solutions that require the study of the subject area. The predominant part of the article is devoted specifically to the issues of innovations in the field of creating power transmission lines.

Keywords: electricity, power transmission line, innovation, technological progress, electricity, technology.

Введение

Линия электропередачи (ЛЭП) является одним из основных компонентов электрической сети. Данные объекты представляют собой систему энергетического оборудования, предназначение которой заключается в передаче электрической энергии с помощью электрического тока. В составе данной системы присутствует электрическая линия, которая выходит за пределы электростанции или подстанции. Различаются кабельные и воздушные линии электропередачи. Также стоит отметить, что на сегодняшний день все большую популярность приобретают газо-изолированные линии (ГИЛ).

Помимо электроэнергии по линиям электропередачи также передается и информация (посредством высокочастотных сигналов). Данный вариант используется при диспетчерском управлении, передачи телеметрических данных, а также сигналов релейной защиты и поддержании работы противоаварийной автоматики.

Отдельно стоит отметить воздушные линии электропередачи (ВЛЭП). Данное устройства используется для передачи и распределения электроэнергии по проводам, находящихся на открытом воздухе и прикрепленных посредством траверс, изоляторов и арматуры к опорам и иным сооружениям.

Результаты и их обсуждение

Общая задача проектирования электросетевых объектов сводится к выбору рациональных решений и их наилучших параметров с последующим выбором наиболее эффективного. Одной из самых важных исходных данных является величина передаваемой мощности, которая определяет конструкцию проводов и линии в целом. Возникшие ограничения пропускной способности не могли не сказаться на надежности электроснабжения и ведении режимов. В рыночных условиях наличие свободной располагаемой мощности становится ещё более значимым [1, 2].

Одним из решений является использования сверхпроводников в линиях электропередач. Сверхпроводимость – это наиболее перспективное явление, изучаемое в науке физики на сегодняшний день. Данное явление открывает перед всем человечеством колоссальные перспективы в науке и технике. Проводники, являющиеся свободными относительно различных энергетических потерь, в обычных условиях имеют возможность совершить целую революцию в мире электротехники. В современном мире повсеместно распространяются и актуализируются приборы, в основе которых находится явление сверхпроводимости. Одними из примеров подобных приборов являются высокотемпературные сверхпроводники. Без них уже не обходятся современная электроника и другие отрасли.

Закон электромагнитной индукции сообщает нам, что вокруг электрического тока всегда существует магнитное поле. А поскольку сверхпроводники проводят ток без сопротивления, то достаточно просто поддерживать подобные материалы при правильных температурах, и таким путем получать детали для создания идеальных электромагнитов.

На данный момент остаются актуальными лишь проблемы стоимости и обслуживания, связанные с необходимостью непрерывно прокачивать через систему азот. Тем не менее в 2008 г. в Нью-Йорке фирма «American Superconductor» успешно запустила первую коммерческую сверхпроводящую ЛЭП. Таким образом, успехи экспериментального и теоретического исследований дали реальную возможность приступить к работам по освоению этого физического явления. Сверхпроводимость начала вторую жизнь, но теперь уже не в качестве любопытного феномена, а как явление, открывающее перед наукой и техникой весьма серьезные перспективы. В последние годы, особенно после создания теории сверхпроводимости, интенсивно развивается техническая сверхпроводимость.

Другим вопросом является надежность. С точки зрения надежности, по данным НТЦ «Электроэнергетика», за 11 лет наблюдений за ЛЭП 110-750 кВ более половины технологических сбоев в электросетях приходится на провода. Следовательно, повышение надежности проводов существенно повысит надежность самих сетей. Проблема надежности линий электропередачи усугубляется тем, что в последующие годы при возрастающем энер-

гопотреблении (что естественно для страны с развивающейся экономикой) старение сетей и оборудования будет происходить интенсивнее, а, значит, без полномасштабной модернизации эти проблемы могут перерасти в энергетический коллапс.

При создании ЛЭП нового поколения важная роль отводится проводам, номенклатура которых уже достигла нескольких десятков наименований и в дальнейшем будет только расширяться. Разные сечения как традиционных (сталеалюминиевых), так и инновационных проводников определяют пропускную способность провода, его вес на единицу длины, прочность конструкций, расход металла, размер капиталовложений и последующих издержек.

Уже неоднократно была доказана технико-экономическая целесообразность применения современных проводов, которые позволяют существенно повысить пропускную способность линий, снизить потери электроэнергии и обладают улучшенными физико-техническими характеристиками, что в результате окажет влияние на эффективность функционирования рынков энергии и мощности и качество управления режимами [3, 4].

Использование проводов нового поколения позволяет решить основные задачи электросетевого комплекса, связанные с повышением надежности, бесперебойным электро-снабжением, снижением потерь и увеличением пропускной способности. Использование проводов нового поколения способно снизить потери линий электропередачи до 30 % и увеличить их пропускную способность от 1,5 до 2 раз. Замена существующих проводов на провода нового поколения позволяет добиться экономии посредством снижения потерь до 98 тыс. руб. на 1 км линии в год и за счет дополнительной передаваемой мощности 150-250 млн руб. на линию в год.

Одним из примеров проводов нового поколения являются высокоэффективные **провода с композитным сердечником АССС** (Aluminium Composite Core Conductor – алюминиевый провод с композитным сердечником) являются новинкой для российского электроэнергетического рынка. Данная технология американской компании СТС применяет в своих разработках композитные материалы из углеродного волокна – карбоновых нитей, которые являются значительно легкими и прочными относительно стали. Необходимо отметить, что реализация полномасштабных инновационных проектов, например, Smart Grid, невозможно без внедрения проводов нового поколения, которые являются инновационным решением, основанным на новых технологиях и материалах, сырье высокого качества [5].

По причине очевидного роста стоимости энергоресурсов потери, которым ранее почти не уделялось внимание, сейчас стали обходиться слишком дорого. Высокий уровень потерь в российских электросетях (около 5 % для ФСК и 8-11 % для МРСК) определяется не только высоким уровнем изношенности электросетевого оборудования и сложными условиями климата России. При реализации пилотных проектов с проводами нового поколения выяснилось, что несмотря на все очевидные преимущества и экономический эффект существуют административные барьеры при внедрении инновационных проводов.

Другим направлением инновационного развития линий электропередачи является цифровизация и интеллектуализация объектов. Именно посредством информационных технологий на сегодняшний день достигается и обеспечивается высокая эффективность и рациональность использования ресурсов предприятия, а также разрабатываются инновационные решения в профессиональной сфере жизнедеятельности человека. Одной из наиболее актуальных и инновационных сфер из области разработки информационных технологий является Интернет вещей (IoT). Концепция Интернета вещей строится на основе сети передачи данных, посредством которой люди получают возможность общаться с техническими устройствами, а технические устройства с людьми.

Технология IoT позволяет организовать двустороннюю связь через линии электропередач. Иными словами, обмен данными становится возможен даже там, где отсутствует покрытие сотовой сети, недоступна спутниковая и наземная проводная связь. Разработка основана на технологии широкополосной передачи данных через линии электропередачи (BPL, Broadband over Power Lines). Для организации связи применяются специальные BPL-

модемы, подключенные к электрическим линиям. Оборудование работает на ЛЭП напряжением от 0,4 до 35 кВ. Важно отметить, что система подходит для обмена различным трафиком. Это могут быть телеметрические данные, голосовая информация, видеосигнал и прочее [6, 7].

С помощью Интернета вещей происходит объединение устройств в единую компьютерную сеть, посредством чего предоставляется возможность сбора, анализа, обработки и передачи данных между объектами за счет специализированного программного обеспечения или иного технического устройства. Умные устройства функционируют автономно, при этом для человека представляется возможность их настройки и предоставления доступа к данным. Технологии Интернета вещей работают в режиме реального времени, а в их состав зачастую и входят сети умных устройств и облачной платформы, к которым производится их подключение с помощью Bluetooth, WiFi или иных видов связи. Технологии Интернета вещей способны существенно рационализировать и повысить эффективность работы современных электроэнергетических систем.

Колебания потока мощности и экспоненциальное увеличение сложности сети требуют более гибких активов с более широкими возможностями, выходящим далеко за рамки существующих систем мониторинга, управления и автоматизации. Для цифровой и децентрализованной сети необходимо по умолчанию соединить высоковольтные устройства передачи на подстанции, такие как трансформаторы, распределительные устройства и автоматические выключатели. Оперативные данные интеллектуальных активов могут быть проанализированы в режиме реального времени, и могут быть реализованы рекомендации по повышению производительности. Такой тип интеграции и эксплуатации создает Интернет энергии (IoE) для сетей будущего (рисунок). IoE – это новое поколение цифровых продуктов, систем и решений для современных ЛЭП. Он может быть независимым или интегрированным либо в корпоративную сеть, либо взаимодействовать с облаком [8, 9].



Архитектура Интернета энергии

Также необходимо отметить и инновационные технологии в ЛЭП, связанные с возможностью само-перестраиваться. DLR – это технология интеллектуальных линий электропередачи, которая позволяет определять «рейтинг» проводника линии электропередачи

на основе его температуры в реальном времени. В настоящее время проводникам обычно присваивается консервативная статическая оценка, основанная на почти наихудших погодных условиях.

Данные продукты сочетают в себе сильные стороны локальной и высокопроизводительной обработки данных непосредственно в локальной системе с преимуществами, предлагаемыми облаком: анализ данных на основе приложений, концепции обработки и хранения данных, обновление и управление версиями приложений, а также соответствующее управление устройствами. Данные не покидают вашу локальную сеть подстанций, что дает дополнительную гибкость в принятии обоснованных и своевременных решений [10].

Заключение

В результате работы были изучены основные тенденции и инновации в аспекте развития современных линий электропередачи. В заключение необходимо отметить, что техническая модернизация современных ЛЭП является достаточно сложным и многогранным процессом, в основе которого стоит согласование и комплексное использование инновационных технологий с традиционными решениями. Именно такой подход, учитывая современное состояние условий эксплуатации электроэнергетических комплексов, способен достичь значительных технических и экономических результатов.

Библиографический список

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года, утв. распоряжением Правительства от 13.10.2009 № 1715-р.
2. Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации, утв. распоряжением Правительства от 03.04.2013 № 511-р.
3. Мясоедов Ю.В., Коржова О.Н. Плавка гололеда на линиях электропередачи: методы, инновации, эксплуатация // Вестн. Амурского гос. ун-та. Сер.: Естественные и экономические науки. 2019.
4. Гаврюшина Н.Т., Гаврюшин С.С., Арбузов Е.В., Картошенко А.В., Матвеева М.М. Численное моделирование процесса прокладки воздушных линий электропередач // Инженерный журнал: наука и инновации. 2018.
5. Коржова О.Н. Скин-эффект и его применение в электроэнергетике // Вестн. магистратуры. 2021.
6. Zaidullina K.A., Potapchuk N.K. Ice and a system for measuring its load on overhead power lines wires in Beloretsk district // News UGATU. 2018.
7. Узбеков М.О., Неъматжонов А.А. Выбор напряжения по известной длине линии и передаваемой мощности // Современные инновации. 2019.
8. Tuichiev Z.Z., Ismoilov I.K., Tursunov D.A., Baynazarov B.B. Problems of electricity quality in power supply systems // Problems of science. 2019.
9. Bagautdinov I.Z., Kuvshinov N.E. Installation and replacement of wires and cables in the spans of the intersection with the overhead line // Innovative science. 2016.
10. Бурнышева Т.В., Кожевников А.Н. Методика оценки технического состояния опор воздушных линий электропередачи с учетом типовых эксплуатационных дефектов // Инженерный журнал: наука и инновации. 2021.

Андрей Николаевич Шмыков

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНБ-324, Россия, Владивосток, e-mail: neverit@mail.ru

Научный руководитель – Владимир Витальевич Кирюха, канд. техн. наук, доцент

Использование датчиков в робототехнике

Аннотация. Робототехника – это прикладная наука, занимающаяся разработкой автоматизированных технических систем и являющаяся важнейшей технической основой развития производства. Любая автоматизация требует применения чувствительных устройств для сбора необходимой в процессе работы информации и её анализа, для выполнения четко поставленных задач перед роботизированной системой. В роли таких устройств выступают датчики, а наука, изучающая их применение, называется сенсорикой. Роботы предназначены для замены человека при выполнении рутинных, грязных, опасных работ, а также там, где требуется высокая точность и повторяемость. При выполнении какой-либо работы человек опирается на свои не идеальные органы чувств, жизненный опыт и полученную информацию от измерительных приборов, тогда как роботы, в свою очередь, получают максимально достоверные данные от датчиков и выполняют работу строго по заложенной программе. Датчики, применяемые в робототехнике, очень разнообразны, и превосходят по всем параметрам человеческие органы чувств, что обеспечивает отличную точность, скорость, повторяемость и непрерывность при выполнении работ.

Ключевые слова: сенсорика, датчики, робототехника, робот, автоматизированные системы.

Andrey N. Shmykov

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-324, Russia, Vladivostok,
e-mail: neverit@mail.ru

Scientific adviser – Vladimir V. Kiryukha, PhD, Associate Professor

Using sensors in robotics

Abstract. Robotics is an applied science that develops automated technical systems and is the most important technical basis for the development of production. Any automation requires the use of sensitive devices to collect the information necessary in the process of work and analyze it, to perform clearly defined tasks for the robotic system. Sensors act as such devices, and the science that studies their application is called sensorics. Robots are designed to replace humans in routine, dirty, hazardous work, and where high accuracy and repeatability are required. When performing any work, a person relies on his not ideal senses, life experience and information received from measuring instruments, when robots, in turn, receive the most reliable data from sensors and perform work strictly according to the programmed program. The sensors used in robotics are very diverse and surpass the human senses in all respects, which provides excellent accuracy, speed, repeatability, and continuity in the performance of work.

Keywords: sensorics, sensor, robotics, robot, automated systems.

Введение

Робототехника – это прикладная наука, занимающаяся разработкой автоматизированных технических систем и являющаяся важнейшей технической основой развития производства. Любая автоматизация требует применения чувствительных устройств, для сбора необходимой в процессе работы информации и её анализа, для выполнения четко поставленных задач перед роботизированной системой. В роли таких устройств выступают датчики, а наука, изучающая их применение называется сенсорикой.

Сенсорные системы роботов составляют основную часть их информационно-измерительных систем, назначение которых формировать и выдавать информацию о состоянии объектов и процессах в окружающей среде и о самом роботе, для функционирования которого эта информация требуется. Чувствительное устройство или датчик – это первичный преобразователь, который реагирует на подлежащую выявлению величину (температура, давление, перемещение, сила тока и т. д.) и преобразует ее в другую величину, удобную для дальнейшего использования, выдавая сигнал о ее наличии и интенсивности. Этот сигнал может быть любой физической природы, определяемой принципом действия чувствительного устройства. Предпочтительно, чтобы он был электрическим, так как подавляющее большинство технических систем, в которых он будет использоваться, – электрические [1].

Робототехника и сенсорика основываются на методах механики, электроники, мехатроники и других науках. Область применения и перспективы современной робототехники исключительно широки: роботы уже применяются в быту, в сфере обслуживания людей, в медицине, в сельском хозяйстве и многих других видах работ. Современная сенсорика, в свою очередь, является комплексной цифровой технологией, включающей в себя не только методы измерения физических величин, но и методы обработки сенсорной информации.

Робототехника в промышленности позволяет автоматизировать как отдельные производственные стадии, так и всё производство целиком. Благодаря сверхчувствительным датчикам обеспечивается высочайшая точность при выполнении работ, что в свою очередь повышает конечное качество.

Ограничивающими факторами в данной сфере являются: экономическая целесообразность и ограниченность вычислительных мощностей управляющего устройства, который обрабатывает полученные данные, на основе которых совершает управление исполнительными устройствами. Из-за этих факторов, роботизированные системы делаются узконаправленными по назначению.

Применение датчиков в робототехнике

Создание роботизированных систем (автоматизированных систем) разбивается на несколько этапов:

- определение точных задач, поставленных перед системой;
- определение требуемого количества и качества исходных данных для функционирования системы;
- определение методов контроля выполнения задач в системе;
- выбор датчиков для сбора информации;
- выбор, подходящих под требуемые задачи, исполнительных устройств;
- настройка и программирование управляющей системы;
- сборка и запуск.

Исходя из перечисленных этапов, исполнение системы практически полностью зависит от поставленной перед ней задачи, другими словами, от её предназначения. Выбор датчиков так же зависит от необходимости сбора тех или иных данных. Например, роботу-сортировщику, не требуется использование датчиков звука так как эти данные для него бесполезны. В то же время данные о весе, которые он может получить при помощи тензометрического датчика, будут для него основными, если сортировка ведется по весу.

Для наглядности создадим самого простого транспортно-грузового робота, в задачи которого входит доставка тяжелых грузов из одной точки в другую. В качестве требуемых

исходных данных, для функционирования робота, будут: готовность к началу транспортировки, положение в пространстве, а именно правильность траектории движения, и данные о наличии препятствий.

Для определения готовности к выполнению работы можем использовать контактный датчик, а именно кнопку, которую нажмет человек для запуска выполнения задачи. Для определения траектории и контроля её правильности, можно использовать оптические датчики, которые будут ориентироваться на специально прочерченную линию движения робота. Линия задаст траекторию робота, а также проинформирует людей о его зоне действия. Если траектория движения робота будет пересекаться с траекторией передвижения людей, требуется постоянный контроль отсутствия препятствий. Для обеспечения данного контроля можем использовать ультразвуковые датчики расстояния, которые способны с высокой точностью определить расстояние до объектов. Опираясь на данные об удаленности окружающих объектов, можно плавно корректировать скорость передвижения и в случае образования препятствий на пути движения, совершить остановку, что поможет избежать какого-либо ущерба.

Выбор исполнительных устройств в нашем случае зависит от габаритов грузов, его веса и рельефа, по которому будет передвигаться робот. От веса зависит мощность двигателей, от габаритов зависит размер грузового отсека, от рельефа тип используемых колес (гусеничная система, резиновые колеса и т.д.).

Самым сложным узлом роботизированной системы является система управления, в задачи которой входит сбор, анализ всех полученных данных от датчиков и управление исполнительными устройствами. Обычно используются программируемые системы управления, в которые программист закладывает инструкции. Сердцем и мозгами этой системы является микроконтроллер, который исходя из полученных данных и заложенной в него программы, осуществляет управление всеми исполнительными узлами.

Представленный робот может заменить человека, в выполнении задач по транспортировке. В моменты погрузки и выгрузки, человек бы терял время впустую, когда в это время, робот может перейти в режим ожидания и не затрачивать энергоресурсы. Так же не стоит забывать про человеческий фактор и медленную скорость реакции человека, когда робот лишен этих изъянов. Затраты на обслуживание такого робота малы и его надежность зависит исключительно от качества его компонентов. Если запустить кольцевую линию с такими роботами, то можно обеспечить непрерывность в транспортировке, особенно в тех узлах, где погрузка осуществляется конвейерными линиями.

Датчики, примененные в данном примере, являются довольно узконаправленными, но экономически выгодными и позволяют уменьшить затраты на производство робота. Так же, в этом случае нет острой необходимости в высокой точности данных и достаточно примерных значений.

Если бы мы отслеживали траекторию движения робота, опираясь на сложный сигнал от видеокамеры, то потребовалось бы очень сложное программирование системы управления с распознаванием объектов, что повлекло бы за собой сильное удорожание робота. В случае если бы мы, отслеживали положение в пространстве при помощи GPS системы, то столкнулись бы с огромной погрешностью и искажением получаемых данных из-за вращения спутников GPS относительно нашей планеты.

При выполнении какой-либо работы человек опирается на свои не идеальные органы чувств, жизненный опыт и полученную информацию от измерительных приборов, когда роботы в свою очередь получают максимально достоверные данные от датчиков и выполняют работу строго по заложенной программе.

Существует огромное количество разнообразных датчиков, которые превосходят по чувствительности и количеству, человеческие органы чувств. Когда человек смотрит на объект, он может сказать лишь приблизительное расстояние до объекта, интерпретируя увиденное, опираясь на свой жизненный опыт, когда датчики способны с точностью до микрон определить это же расстояние. Но роботы проигрывают в субъективных представ-

лениях о чём-либо. Человек может сказать о еде, вкусная она или нет, когда робот может лишь измерить кислотность, количество сахара и других составляющих. Но в современном мире уже существуют системы с очень развитым искусственным интеллектом, которые способны строить разнообразные субъективные суждения о красоте, еде и воде, опираясь на огромное количество собранных данных от людей, но это лишь имитация.

Заключение

Датчики способны дать точные данные измеряемых величин, что позволяет автоматизировать системы и повысить качество на любых производственных стадиях, замещая собой человека. Перед многими промышленными предприятиями не стоит вопроса, применять автоматизацию производственных линий или нет, так как их польза неоспорима. Основными ограничивающими факторами являются дороговизна систем и их обслуживание образованными, высококлассными специалистами, так же их внедрение требует остановки производственных процессов на некоторое время, чего позволить себе могут не все.

Используемые датчики в роботизированной системе могут быть разнообразны, но чем они сложнее, тем больше требуется вычислительных мощностей для обработки и анализа данных, и тем больше система подвержена сбоям. По этой причине создаются преимущественно специализированные роботизированные узлы, которые работают как по одиночке, так и сообщая, делегируя задачи между собой.

Без роботизированных систем компьютерная техника и микроэлектроника не была бы, такой, какой мы её знаем сейчас. Большую часть производственного процесса выполняют роботы, так как в данной отрасли работы проходят в микроскопическом масштабе и требуют полной стерильности. Человек осуществляет лишь обслуживание этой системы, настройку и дополнительную проверку качества на этапе производства.

В космической отрасли роботы давно заняли свою нишу обязательных научно-исследовательских систем. Они не настолько требовательны к условиям окружающей среды как человек, не затратные в моменты длительного простоя (например, во время транспортировки на другую планету) и могут на месте собирать и обрабатывать данные, полученные при помощи датчиков.

Использование роботизированных систем благодаря применению высокоточных датчиков является практически неотъемлемой частью любой современной промышленности, и развитие в данной отрасли продолжается, набирая всё большую популярность. На наш субъективный взгляд, будущее за роботами, а мы будем работать лишь в сфере их обслуживания.

Библиографический список

Юревич Е.И. Сенсорные системы в робототехнике: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 100 с.

Артём Павлович Юрченко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ЭНб-412, Россия, Владивосток, e-mail: wwwtema.ru100@gmail.com

Научный руководитель – Юрий Михайлович Горбенко, канд. техн. наук, доцент

Способы борьбы с обледенением на проводах линий электропередач

Аннотация. Ставится задача систематизации и сравнительного анализа существующих способов борьбы с гололёдными отложениями, решение которой позволит выбирать из имеющегося множества технических решений наиболее рациональное для местных условий.

Ключевые слова: классификация способов борьбы с гололёдом, термическое воздействие переменным током, термическое воздействие постоянным током, термическое воздействие током ультранизкой частоты, термическое воздействие током высокой частоты, электромеханическое воздействие.

Artyom P. Yurchenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-412, Russia, Vladivostok, e-mail: wwwtema.ru100@gmail.com

Scientific adviser – Yuri M. Gorbenko, PhD, Associate Professor

Ways to deal with icing on the wires of power lines

Abstract. This paper sets the task of systematizing and comparative analysis of existing methods of dealing with ice deposits, the solution of which will allow choosing the most rational for local conditions from the available set of technical solutions.

Keywords: classification of ways to deal with ice, thermal impact with alternating current, thermal impact with direct current, thermal impact with ultra-low frequency current, thermal impact with high frequency current, electromechanical impact.

Способы борьбы с обледенением на проводах линий электропередач.

Не теряет актуальности задача разработки активных методов борьбы с гололёдными отложениями на проводах. В данной работе ставится задача систематизации и сравнительного анализа существующих способов борьбы с гололёдными отложениями, решение которой позволит выбирать из имеющегося множества технических решений наиболее рациональное для местных условий.

Классификация способов борьбы с гололёдом

- термическое воздействие нагрева провода до температуры 120-130 °С или путем профилактического нагрева проводов на 10-20 °С;
- термодинамическое воздействие разогревания до формирования подтопленной прослойки между проводом и ледяной муфтой и последующего «встряхивания проводов силой Ампера», возникающей при пропускании мощного импульса тока;
- электромеханическое воздействие путём периодического пропускания импульсов тока, вызывающих механические колебания проводов и разрушение гололёдной муфты;
- механическое воздействие (не рассматриваются, практически не используются).

Термическое воздействие переменным током

Схема плавки гололёда должна выбираться таким образом, чтобы обеспечить протекание по проводам ВЛ тока в 1,5-2 раза превышающего длительно допустимый ток. Такое превышение оправдано кратковременностью процесса плавки (~1 ч), а также более интенсивным охлаждением провода в зимний период.

Однако только за счёт выбора схемы невозможно подобрать необходимую величину тока короткого замыкания. Превышение значений тока (в пределах 160-375А) плавки может привести к отжигу проводов с последующей необратимой потерей прочности. При меньших значениях приходится неоднократно повторять, что дополнительно утяжеляет последствия.

Избежать указанных негативных последствий позволяет использование тиристорного регулятора переменного напряжения, схема которого представлена на рис. 1. В режиме плавки гололёда выключатель 7 выключен, выключатель 8 включен. Возможные способы регулирования тока плавки – импульсно-фазовый посредством изменения углов включения силовых тириستоров 1, 2 и 3 или широтно-импульсный – посредством изменения количества периодов подачи напряжения.

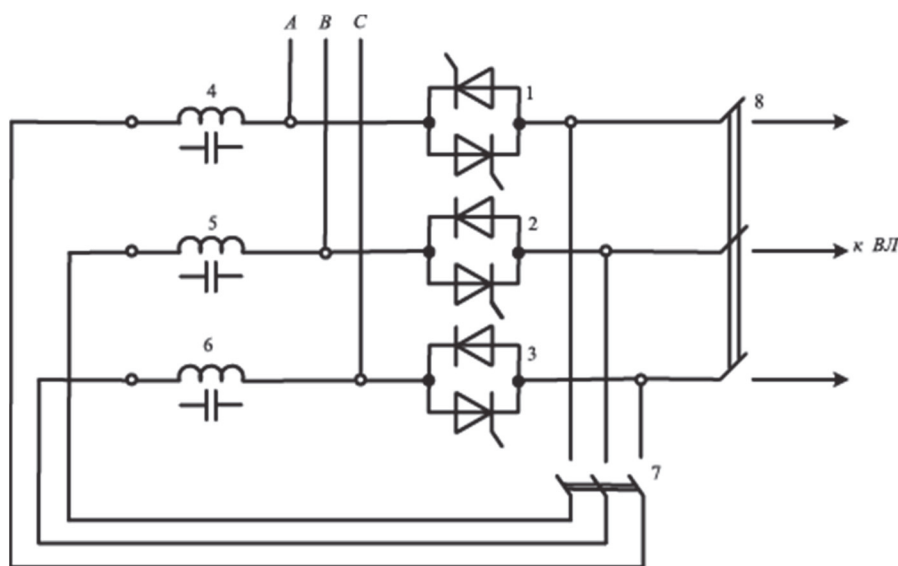


Рисунок 1 – Установка для компенсации реактивной мощности и плавки гололёда

В режиме компенсации реактивной мощности выключатель 7 включен, а выключатель 8 выключен. В этом случае силовые тиристоры 1, 2, 3 и реакторы 4, 5, 6 образуют тиристорно – реакторную группу, соединённую в треугольник, которая является элементом статического тиристорного компенсатора. Допускают также возможность использования конденсаторов вместо реакторов. В этом случае компенсация реактивной мощности будет осуществляться с помощью регулируемой конденсаторной батареи.

Повысить эффективность плавки можно путем продольной ёмкостной компенсации индуктивного сопротивления в случае использования конденсаторов в составе предлагаемой установки.

Заслуживает внимания комбинированная установка для компенсации реактивной мощности и плавки гололёда, схема которой представлена на рис. 2. В режиме плавки гололёда выключатель 7 включен, шунтируя реактор 6, выключатель 9 отключает конденсаторную батарею 8, а выключатель 10 включен. При этом возможна плавка на всех проводах воздушной линии одновременно.

В режиме компенсации реактивной мощности выключатели 7 и 10 отключены, а выключатель 9 включен. В результате образуется типовая схема статического компенсатора на базе транзисторных модулей 1, 2 и 3, реакторов 5, 6 на стороне переменного тока и кон-

денсаторной батареи 8 на стороне постоянного тока. Такая структура может работать как в режиме генерации, так и в режиме потребления реактивной мощности.

Существенным недостатком установки, является неполное использование вентильной части в режиме плавки. Это объясняется тем, что ток плавки протекает только через «нижние» ключи фаз 1, 2 и 3 преобразовательного моста. Для преобразования мостовой схемы в три ключа переменного тока потребуется дополнительное коммутационное оборудование и усложнение силовой схемы.

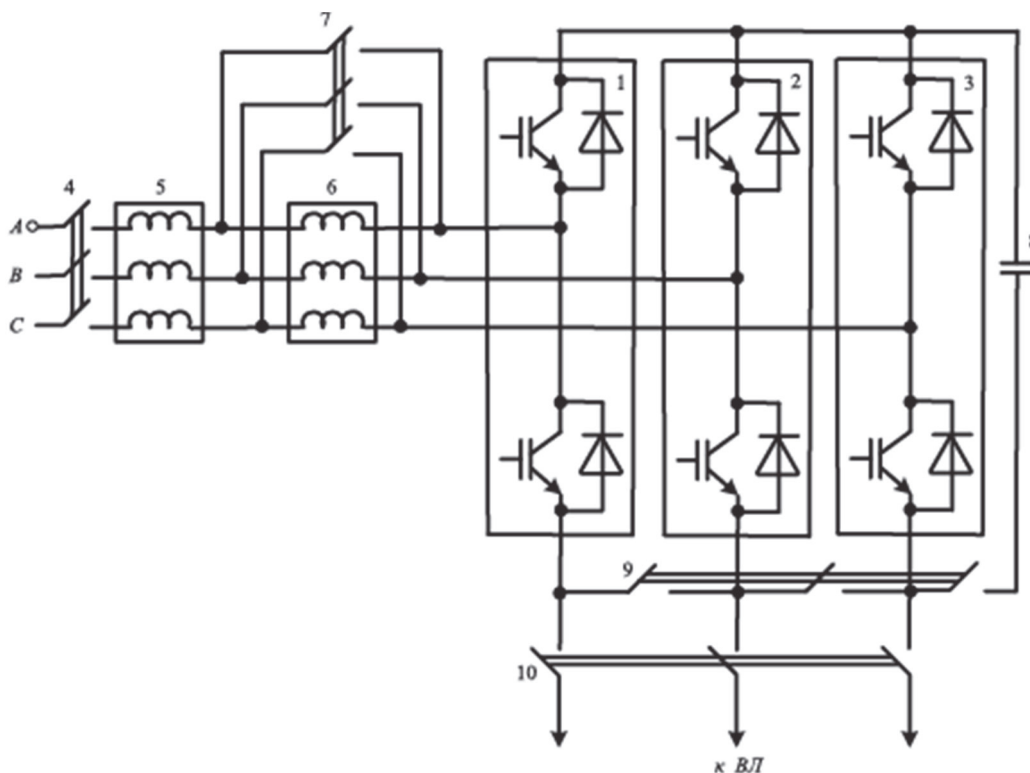


Рисунок 2 – Комбинированная установка для компенсации реактивной мощности и плавки гололёда

Термическое воздействие постоянным током

К недостаткам метода следует отнести то, что ВЛ необходимо отключать, а выпрямительный блок большую часть календарного года не используется. Можно отметить предложение плавки гололёда пульсирующим током без отключения ВЛ. Выпрямительный блок включается в рассечку обогреваемого провода таким образом, чтобы постоянный ток не протекал по обмоткам силовых трансформаторов и трансформаторов тока. Обогрев проводов осуществляется пульсирующим током, содержащим переменную составляющую, определяемую нагрузкой ВЛ, и постоянную составляющую, определяемую выпрямленным напряжением и активным сопротивлением контура плавки.

В этой связи вполне оправданны попытки расширения функциональных возможностей путем совмещения в одной установке выпрямительного блока для плавки гололёда и устройства для компенсации реактивной мощности. Это открывает возможность круглогодичной эксплуатации оборудования, что существенно повышает его экономическую эффективность.

В состав преобразовательного устройства (рис. 3) входит: транспортный контейнер 1, тиристорные модули 2 с блоками управления 3, система принудительного воздушного охлаждения 4, разьединитель 5 с электромеханическим приводом 6, анодный 7, катодный 8 и фазный 9 выводы преобразовательного моста, система управления, регулирования, защиты и автоматики 10, разьединители 11, 12 и конденсаторные батареи 13.1, 13.2 и 13.3.

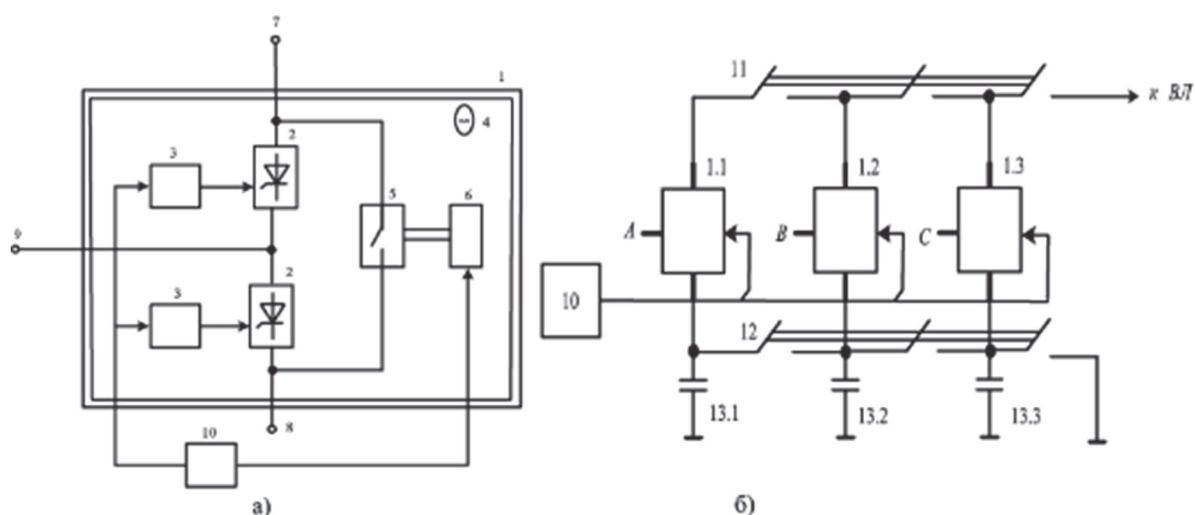


Рисунок 3 – Схема преобразовательного устройства контейнерного типа (а) и комбинированной установки (б) плавки гололёда и компенсации реактивной мощности

В режиме плавки гололёда разъединители 11, 12 замкнуты (рисунок 4,б), разъединители 5 (рисунок 4а) разомкнуты. Собирается схема трёхфазного мостового выпрямителя, который обеспечивает номинальное выпрямленное напряжение 14 кВ, номинальный ток плавки 1400 А и регулирование тока плавки в диапазоне 200-1400 А.

В режиме компенсации реактивной мощности разъединители 11 и 12 разомкнуты, а разъединители 5 замкнуты. Собирается схема конденсаторной батареи 13.1, 13.2 и 13.3, управляемой тиристорными модулями 2, соединенными встречно-параллельно. Однако в режиме компенсации возможно только ступенчатое регулирование реактивной мощности.

Последнего недостатка удастся избежать на рис. 4.

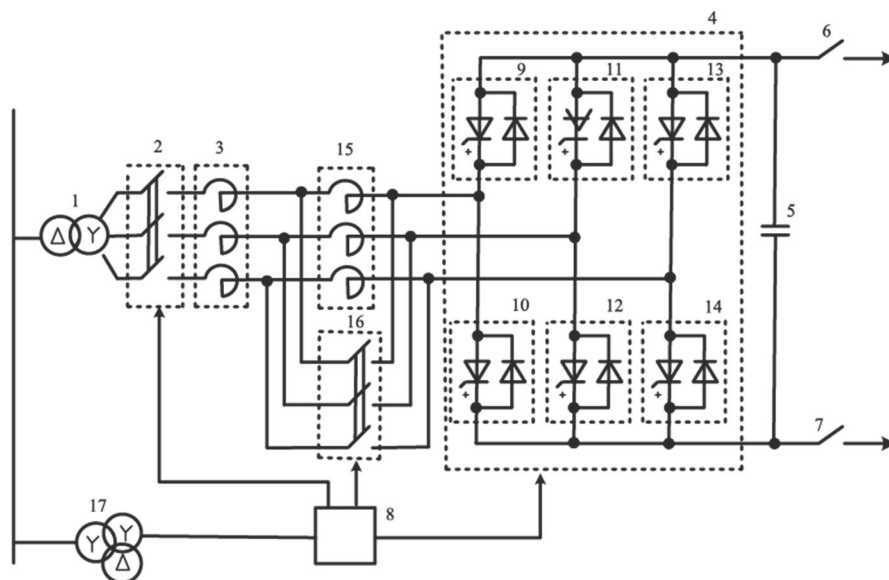


Рисунок 4 – Комбинированная установка для плавки гололёда и компенсации реактивной мощности

В состав комбинированной установки входят питающий трансформатор 1, трёхфазные разъединители 2 и 16, трёхфазные реакторы 3 и 15, высоковольтный мостовой преобразователь 4, конденсаторная батарея постоянного тока 5, однофазные разъединители 6 и 7, система управления 8, сборки 9-14 полностью управляемых приборов с обратными диодами и резонансный трансформатор 17.

В режиме плавки гололёда разъединители 6, 7 и 16 включены. Плавка осуществляется постоянным током. Регулирование тока плавки осуществляется способом высокочастотной ШИМ.

По мнению ряда специалистов, которые опираются на собственный опыт работы, только от 7 до 30 % длины нагреваемого провода во время плавки действительно покрыто гололёдом. Это объясняется тем, что отдельные участки ВЛ за счет углов поворота и невозможностью предсказать направление ветра в момент образования гололёда оказываются в различных климатических условиях. В этой связи, предложена мобильная установка, которая позволяет выезжать на участки ВЛ, в которых обнаружено обледенение проводов.

Мобильный генератор питания (0,4 кВ) трёхфазного выпрямительного моста осуществляется от двух дизель-генераторов ADV320 по 320 кВт каждый. Проводники с клеммами для подключения к проводам ВЛ и электрические шины для соединения проводов на пролёте между опорами по схеме плавки гололёда. Такое техническое решение обеспечивает плавку гололёда на длине двух пролётов воздушной линии на фазных проводах и грозозащитном тресе.

Общим недостатком устройств, термического воздействия постоянным током, является необходимость применения схемы плавки гололёда «провод–провод» или «провод–два провода», увеличивается время плавки и затраты электроэнергии. Для уменьшения времени плавки схема плавки «три провода–земля», однако заземляющие устройства подстанций не рассчитаны на сравнительно длительное протекание постоянного тока величиной до 2000 А.

Термическое воздействие током ультранизкой частоты

Плавку производят током низкой частоты, формируемым трёхфазным автономным инвертором напряжения, а эффективное значение тока плавки задают и поддерживают на требуемом уровне изменением величины напряжения питания.

При частоте выходного напряжения автономного инвертора в десятые доли Гц и ниже величина тока в проводах линии ограничивается активным сопротивлением. В результате увеличивается допустимая длина воздушной линии по сравнению с плавкой переменным током промышленной частоты, упрощается организации плавки, сокращается продолжительность процесса плавки гололёда, уменьшается количество дополнительного коммутационного оборудования.

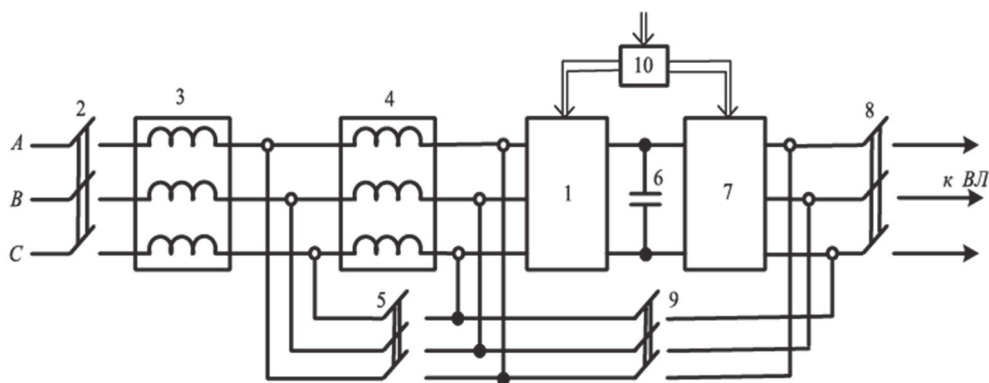


Рисунок 5 – Комбинированная установка для плавки гололёда и компенсации реактивной мощности

В режиме плавки гололёда выключатели 5 и 8 включены, а выключатель 9 отключен. Мостовой преобразователь 1 работает в режиме управляемого выпрямителя, а мостовой преобразователь 7 работает в режиме трёхфазного автономного инвертора напряжения. Плавка осуществляется одновременно на трёх проводах воздушной линии. В режиме компенсации реактивной мощности выключатели 5 и 8 выключены, а выключатель 9 включен. Мостовые преобразователи 1 и 7 работают параллельно.

Из сети потребляется активная мощность, необходимая для поддержания напряжения на конденсаторной батарее 6. На стороне мостовых преобразователей 1 и 7 переменного тока формируется переменное напряжение. Если амплитуда первой гармоники формируемого напряжения превышает амплитуду напряжения источника питания, то мостовые преобразователи 1 и 7 генерируют реактивную мощность, а если меньше – то потребляют реактивную мощность. Изменением коэффициента модуляции высокочастотной ШИМ регулируют амплитуду первой гармоники формируемого напряжения, а, следовательно, величину и направление реактивной мощности.

Термическое воздействие током высокой частоты

Метод в том, что без отключения ВЛ от потребителей на фазные провода через согласующее устройство и высоковольтные конденсаторы связи подается от генератора ток частотой 50-500 МГц. В однородном проводнике переменный ток концентрируется в поверхностном слое, утончение которого с ростом частоты ведет к увеличению сопротивления той части проводника, по которой проходит ток. Это означает, что при одинаковой величине тока, протекающего по проводу, чем выше значение частоты сигнала, тем больше рассеиваемая на проводнике тепловая мощность.

Данный способ наиболее целесообразно применять в профилактических целях для предотвращения гололёдообразования, поскольку реализуется без отключения потребителей. Однако использование генераторов с диапазоном частот 87,5-108 МГц чревато опасностью создания интенсивных радиопомех.

Термодинамическое воздействие

Подогрев провода током высокой частоты может не только препятствовать образованию гололёдных отложений, но и использоваться для облегчения процедуры удаления, уже образовавшейся обледенения.

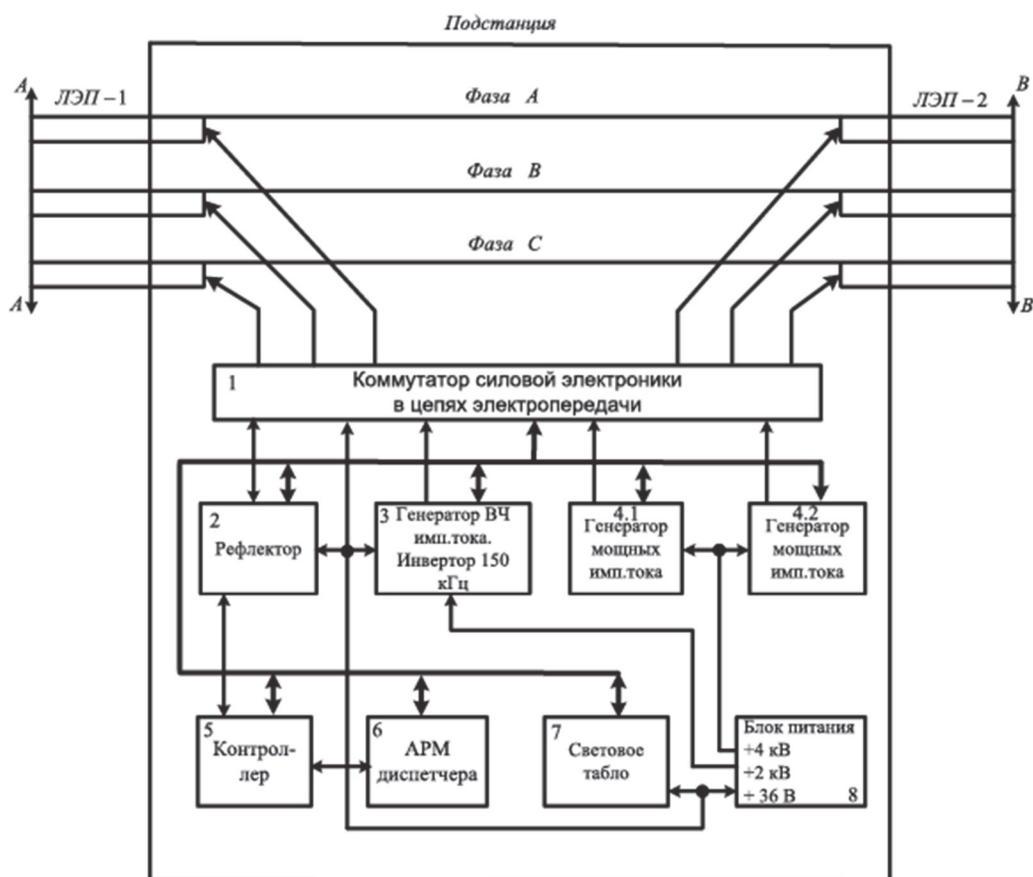


Рисунок 6 – Устройство для удаления снежно-ледового покрытия с проводов линий электропередачи

Автоматизированное рабочее место АРМ диспетчера 6 и контроллер 5 обеспечивают бесперебойную работу подстанции с отображением оперативной информации на световом табло 7.

Электромеханическое воздействие

Известно, что при протекании тока параллельные провода притягиваются или отталкиваются под действием возникающей между ними силы Ампера. При периодическом пропуске импульсов тока, провода ВЛ будут совершать механические колебания, разрушающие гололёдные отложения.



Рисунок 7 – Система электромеханического воздействия на провода воздушной линии для удаления гололёда.

Силовой трансформатор 1 преобразует питающее напряжение до нужной величины. Блок силовой электроники выпрямляет полученное от силового трансформатора 1 напряжение и формирует импульсы тока требуемой величины, формы и частоты, пропускаемые через провода 2 ВЛ. Система управления-программируемый логический контроллер, обрабатывает информацию с внешних датчиков 3, влажности 4 и температуры 5, задает требуемую форму и частоту импульсов тока для блока силовой электроники и управляет работой системы в целом.

Необходим точный расчёт величины и частоты импульсов тока, для исключения негативных последствий резонанса. Для повышения эффективности следует пропускать импульсы тока по проводам, лежащим на разных уровнях. Это позволяет использовать инерцию льда и силу тяжести, как дополнительный разрушающий фактор.

Данный способ так же, как и плавка, требует отключения ВЛ, но время механического разрушения льда существенно меньше. Поэтому затраты электроэнергии на очистку будут ниже, чем при плавке гололёдных отложений.

Заключение

Доминирующий тренд в области разработки новых средств состоит в использовании комбинированных преобразовательных установок, способных осуществлять при возникновении необходимости плавку гололёда, а все остальное время тратить на компенсацию реактивной мощности.

Наиболее перспективным следует признать плавку гололёда током ультранизкой частоты, который сочетает достоинства плавки переменным током промышленной частоты и плавки постоянным током. Дополнительное преимущество заключается в том, что установка для плавки гололёда током ультранизкой частоты легко трансформируется в статический компенсатор реактивной мощности и позволяет эксплуатировать оборудование в течение календарного года. Но сохраняется недостаток отключения ВЛ для очистки. Освободиться от последнего недостатка может позволить технология гибких электропередач переменного тока, в составе которых используется преобразовательное оборудование, теоретически способное при необходимости обеспечить профилактический прогрев проводов, препятствующий образованию гололёдных отложений.

Библиографический список

1. Электротехнический справочник: в 3 т. Т. 3: в 2 кн. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии / под общ. ред. профессора МЭИ: И.Н. Орлова. 7-е изд., испр. и доп. М.: Энергоатомида, 1988. 880 с.
2. Алексеев Б.А. Повышение пропускной способности воздушных линий электропередачи и применение проводов новых марок // ЭЛЕКТРО. 2009. № 3.
3. РД 34.20.511 (МУ 34-70-028-82). Методические указания по плавке гололёда переменным током. Ч. 1. М.: Союзтехэнерго, 1983.
4. Пат. РФ 2505898 МКИ H02G7/16, H02J3,18. Установка для компенсации реактивной мощности и плавки гололёда / Ю.П. Сташинов, В.В. Конопелько, опубл. 27.01.2014.

Секция 4. ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

УДК 629.7.036

Юрий Константинович Букреев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ТОБ-112, Россия, Владивосток, e-mail: work.burreev0106@gmail.com

Научный руководитель – Ольга Федоровна Лапаник, канд. пед. наук, доцент

Принцип действия электромагнитных реактивных двигателей

Аннотация. Рассмотрены отличия теплового и электромагнитного реактивного двигателя в такой сфере, как ракетостроение. Электромагнитный двигатель является передовым изобретением современности.

Ключевые слова: электромагнитный реактивный двигатель, плазма, тепловой двигатель, камера сгорания.

Yuriy K. Bukreev

Far Eastern State Technical Fishery University, TOb-112, Russia, Vladivostok, e-mail: work.burreev0106@gmail.com

Scientific adviser – Olga F. Lapanik, PhD, Associate Professor

Principle of operation of electromagnetic jet engines

Abstract. This paper aims to study the differences between the thermal and electromagnetic jet engine in such an area as rocket science. Electromagnetic motor is an advanced invention of modern times.

Keywords: electromagnetic jet engine, plasma, heat engine, combustion chamber.

Электромагнитный реактивный двигатель – ракетный двигатель, принцип работы которого основан на преобразовании электрической энергии в направленную кинетическую энергию части, или электрический ракетный двигатель, в котором рабочее тело находится в состоянии плазмы и разгоняется с помощью воздействующего на него электромагнитного поля.

В современном мире используются разные источники механической энергии, самыми передовыми и экологичными являются электрические. Ракетостроение – передовая отрасль науки где нужны новые источники механической энергии, которыми и являются электромагнитные реактивные двигатели. Согласно теории Циолковского, при расчете летательных качеств аппарата учитывается не только мощность двигателя, но и масса аппарата вместе с топливом. Поэтому электромагнитный двигатель является передовым изобретением современности. Масса такого двигателя значительно мала по сравнению с аналогами [1].

Первые прототипы основывались на детонации плазмы электрической дугой, а современные аналоги действуют по принципу ускорению этой плазмы силами ионного ускоре-

ния. Плазма или специальный теплоноситель – гелий ксеноновая смесь, высокотемпературного газоохлаждаемого реактора на быстрых нейтронах, урана высокого обогащения и температурой в реакторе до 1500 К, обеспечивает долгое время работы и большую мощность.

Принцип работы двигателя заключается в ионизации газа и его разгоне электростатическим полем. При этом, благодаря высокому отношению заряда к массе, становится возможным разогнать ионы до очень высоких скоростей (вплоть до 210 км/с, по сравнению с 3-4,5 км/с у химических ракетных двигателей). Таким образом, в ионном двигателе можно достичь очень большого удельного импульса. Это позволяет значительно уменьшить расход реактивной массы ионизированного газа по сравнению с расходом реактивной массы в химических ракетах, но требует больших затрат энергии. Технические характеристики ионного двигателя: потребляемая мощность 1-7 кВт, скорость истечения ионов 20-50 км/с, тяга 20-250 мН, КПД 60-80 %, время непрерывной работы более трёх лет.

Рабочим телом, как правило, является ионизированный инертный газ (аргон, ксенон и т.п.), но иногда и ртуть. В ионизатор подаётся топливо, которое само по себе нейтрально, но при бомбардировании высокоэнергетическими электронами ионизируется. Таким образом, в камере образуется смесь из положительных ионов и отрицательных электронов. Для «отфильтровывания» электронов в камеру выводится трубка с катодными сетками, которая притягивает к себе электроны. Положительные ионы притягиваются к системе извлечения, состоящей из двух или трёх сеток. Между сетками поддерживается большая разница электростатических потенциалов (+1090 В – на внутренней, против -225 В – на внешней). В результате попадания ионов между сетками, они разгоняются и выбрасываются в пространство, ускоряя корабль, согласно третьему закону Ньютона. Электроны, пойманные в катодную трубку, выбрасываются из двигателя под небольшим углом к соплу и потоку ионов. Это делается, во-первых, для того, чтобы корпус корабля оставался нейтрально заряженным, а во-вторых, чтобы ионы, «нейтрализованные» таким образом, не притягивались обратно к кораблю [2].

Полной противоположностью является тепловой двигатель. При сгорании смеси, состоящей из газа и топлива, она расширяется, энергия выходит из рабочей камеры с большой скоростью, и создается реактивная тяга.

Оба вида двигателей не берут компоненты из внешней среды, все компоненты располагаются на борту судна. Тут и проявляется значительное превосходство электромагнитных двигателей, связанное с меньшим объемом необходимым для создания реактивной тяги. Для создания реактивной тяги у теплового двигателя нужны необыкновенно большие затраты топлива, а у электромагнитного двигателя размеры сжатого газа очень малы и имеют малую массу.

Следующее преимущество связано с объёмом рабочей камеры и мощностью. Для создания удельного импульса и тяги, необходимой для преодоления первой космической скорости, тепловой аналог нуждается в очень больших объемах рабочей камеры, а индукционный двигатель не нуждается в таких огромных камерах и их размеры значительно меньше. Исходя из этого сравнения, можно сделать вывод, что индукционные двигатели более производительные по сравнению с аналогами. На рисунке 1, изображена схема строения теплового двигателя:

Компрессор втягивает воздух, сжимает его и направляет в камеру сгорания. В ней сжатый воздух смешивается с топливом, которое воспламеняется. Горячие газы, образовавшиеся в результате горения, расширяются, заставляя вращаться турбину, которая расположена на одном валу с компрессором. Остальная часть энергии перемещается в сужающееся сопло. В результате направленного истечения газа из сопла на двигатель действует реактивная тяга. При горении топлива воздух, служащий рабочим телом, нагревается до 1500-2000 °С. На рис. 2, показано строение электромагнитного реактивного двигателя, состоящего из системы впрыска газообразного пропилена 1, кварцевой трубки 2, антенно-ионизатора 3, магнитных катушек 4, индукционной антенны 5, магнитной форсунки 6.

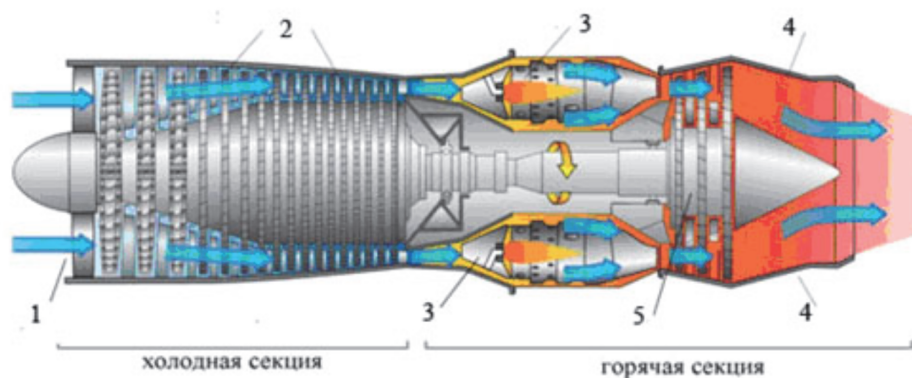


Рисунок 1 – Схема турбореактивного (реактивного) двигателя. 1 – вход воздуха; 2 – компрессор; 3 – камера сгорания; 4 – сопло; 5 – турбина

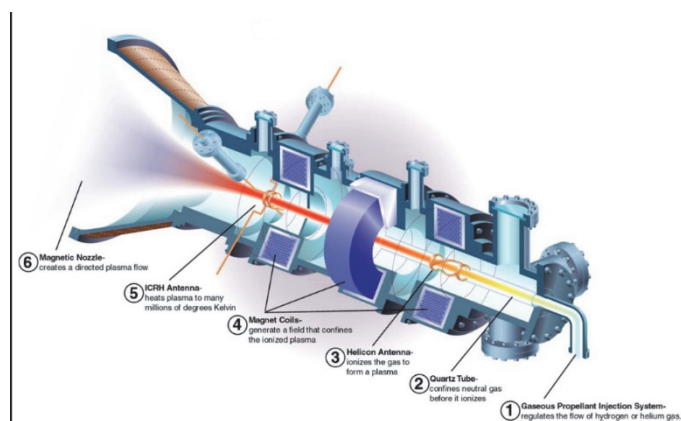


Рисунок 2 – Устройство электромагнитного реактивного двигателя

Система впрыска газообразного пропилена отвечает за контроль подачи топлива, кварцевая трубка отвечает за сжатие газа до образования плазмы, антенна-ионизатор отвечает за ионизацию газа в плазму. В то же время магнитные катушки создают поле, ограничивающее плазму. Затем плазма попадает в индукционную антенну, которая нагревает плазму до высоких температур. Продукты сгорания образуют огромный удельный импульс, который выходит через магнитную форсунку, и получается направленный плазменный поток.

Библиографический список

1. Электромагнитный реактивный ускоритель. Википедия (wikipedia.org).
2. Турбореактивный двигатель. Википедия (wikipedia.org).

Филипп Сергеевич Высоцкий

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ЭМС-112, Россия, Владивосток, e-mail: burovfil@mail.ru

Александр Сергеевич Евстратов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ЭМС-112, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Ирина Михайловна Слабженникова, канд. физ.-мат. наук, доцент

Физические ограничения при производстве интегральных схем

Аннотация. За последние несколько лет технологии производства микропроцессоров ушли далеко вперёд. Во много раз возросла производительность процессора, а также уменьшилось их энергопотребление. Но размеры транзисторов невозможно уменьшать до бесконечности из-за происходящих на атомном уровне явлений. Но несмотря на это, компании-производители продолжают наращивать мощность интегральных схем, применяя некоторые нововведения в производственном процессе.

Ключевые слова: транзистор, техпроцесс, микроэлектроника, физическое ограничение.

Philipp S. Vysotsky

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMs-112, Russia, Vladivostok, e-mail: burovfil@mail.ru

Alexander S. Evstratov

Far Eastern State Technical Fisheries University, EMs-112, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Irina M. Slabzhennikova, PhD, Associate Professor

Means and methods of water control

Abstract. The organization of the fight against water is an integral part of the organization of the fight for the survivability of the vessel. The survivability of a vessel is its ability to withstand emergency damage, restoring and maintaining, to the extent possible, its seaworthiness and operational qualities with the help of the crew.

Keywords: transistor, process technology, microelectronics, physical limitation.

Транзистор – это устройство, позволяющее управлять проходящим через него электрическим током посредством подачи тока на один из его выводов. На этом принципе основана логика всех цифровых вычислений, построенных на двоичном коде. В этом коде «0» означает отсутствие электрического тока в конкретной цепи, а «1» означает, что ток есть.

Любой транзистор состоит из трёх основных элементов: затвора, истока и стока (рис. 1). Исток и сток разделены кремнием, который не проводит электрический ток. Затвор – это металлический слой, расположенный над кремнием и изолированный от него

диэлектрическим слоем, и при подаче на него электрического тока кремний начинает проводить ток, тем самым передавая потенциал от истока к стоку. Таким образом, мы получаем так называемый ключ, позволяющий управлять подачей тока без механического воздействия [1].

Для того чтобы компактно расположить множество транзисторов, соединённых между собой в единую схему, используют метод травления на цельной пластине чистого кремния (рис. 2) [2]. На такой пластине располагается, как правило, много одинаковых интегральных схем.

Метод травления – это способ формирования рисунка транзисторных схем на цельной пластине кремния. Для этого используются высокоточные лазеры и специальные маски для каждого слоя будущей сборки.

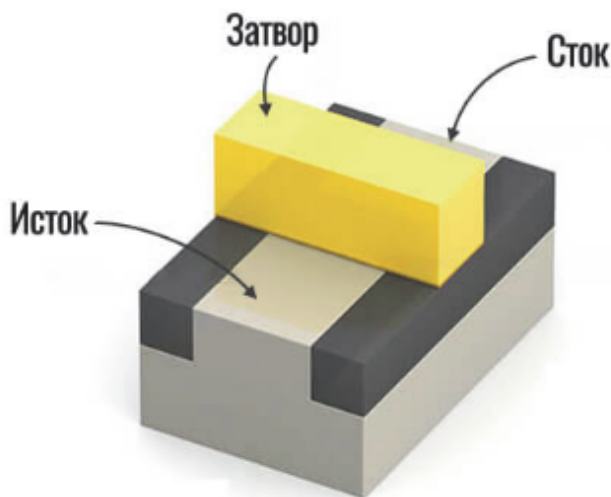


Рисунок 1 – Устройство транзистора

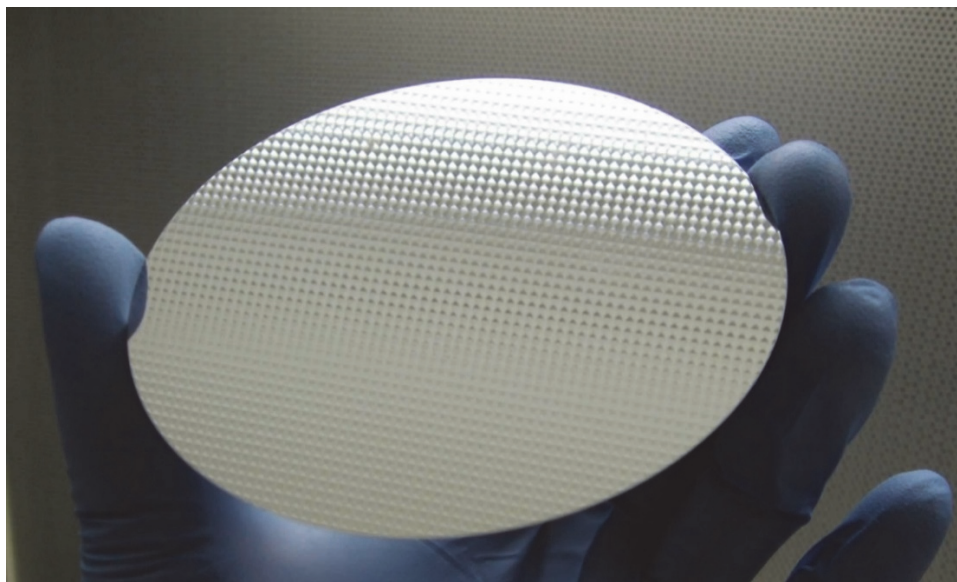


Рисунок 2 – Кремниевая пластина

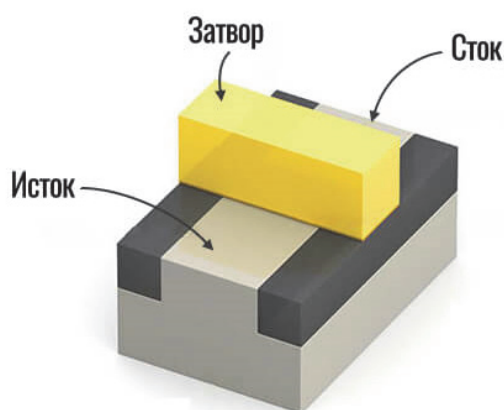
При травлении используют различные свет, который в свою очередь имеет различную длину волны [3]. От длины волны напрямую зависит разрешение рисунка, получаемого на кремниевой пластине. Поэтому в производстве используется ультрафиолетовый спектр света, так как его длина наименьшая и позволяет добиться большего разрешения. Техпроцессом в микроэлектронике называют как раз разрешающую способность производствен-

ного оборудования. Все процессоры до 2019 г. производились при помощи технологии «глубокой ультрафиолетовой литографии» [4]. В ней испускаемый лазером свет достигал длины 193 нанометра. До 2020 г. считалось невозможным дальнейшее увеличение разрешения, ведь длина волны в 193 нанометра считалась пределом. Но в 2020 г. представили технологию «экстремальной ультрафиолетовой литографии», которая позволяет излучать свет длиной волны в 13,5 нанометров, что находится совсем близко к границе ультрафиолета и рентгеновского спектра. Такое значение длины волны является максимальным на данный момент и ограничивающим фактором дальнейшего уменьшения размеров транзисторов. Но с такой длиной волны производство перешло на атомный уровень, где тоже действует множество процессов, так или иначе препятствующих дальнейшему уменьшению техпроцесса.

Технологичность производимой интегральной схемы определяет то, насколько маленьким является отдельно взятый транзистор. В наше время размеры транзисторов достигают 5 нанометров, а атом кремния имеет размер 0,25 нанометра. Учитывая, что транзистор должен состоять, как минимум, из 8 атомов, мы получаем предел техпроцесса, равный 2 нанометрам. Но и этих 2 нанометров не получится достичь из-за происходящих на атомном уровне процессов. Самым значительным из них является пробой p-n перехода транзистора, т.е. просачивание электронов. Поступающий на исток электрический ток имеет достаточную напряжённость для перехода через изолирующий слой. Напряжение питания процессора составляет 1,2 В, и дальнейшее его понижение для обхода эффекта просачивания электронов невозможно. Причиной тому являются эффекты электрических флуктуаций – хаотические изменения токов в электрической цепи и тепловых шумов (тепловое движение носителей заряда в проводнике). Разница между «1» и «0» должна превышать уровень шумов в 10 раз, чтобы логика процессора могла распознавать эти значения. Таким образом, мы приходим к ограничению размеров транзисторов в 5-3 нанометра [5].

Так как же производителям удастся производить всё более быстрые процессоры, если физические ограничения не позволяют дальше уменьшать размеры транзисторов? Всё дело в том, что скорость связи транзисторов между собой зависит от того, как близко они друг к другу расположены и какие размеры на плоскости имеют. Решением данной задачи стало производство транзисторов не как плоские элементы, а как трёхмерные (рис. 3).

БЫЛО



СТАЛО

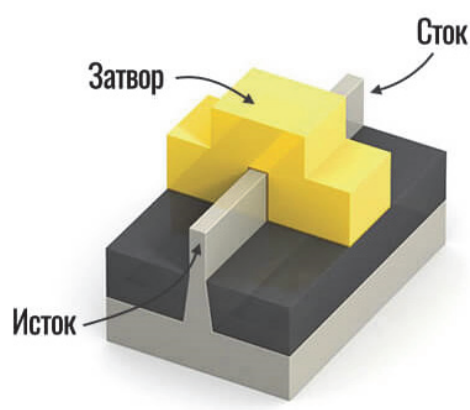


Рисунок 3— Двухмерная и трёхмерная структуры транзисторов

Таким образом, получается располагать большее количество транзисторов ближе друг к другу на плоскости, что существенно повышает производительность готовых чипов.

Современная микроэлектроника в настоящее время находится на пике своего развития в технологическом плане. Дальнейший рост будет достигаться преимущественно в новаторских инженерных решениях и использовании новых материалов.

Библиографический список

1. Deep review (дип ревью). Что такое 10нм, 7нм [Электронный ресурс]. URL: <https://deep-review.com/articles/what-is-nanometer-process/> (дата обращения: 18.03.22).
2. Наука и техника. На атомном уровне: производство чипов [Электронный ресурс]. URL: <https://naukatehnika.com/na-atomnom-urovne-proizvodstvo-chipov.html> (дата обращения: 18.03.22).
3. Хабр. Как на самом деле делают процессоры [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/droider/blog/516386/> (дата обращения: 19.03.22).
4. Ультрафиолетовая литография [Электронный ресурс]. Википедия. URL: en.wikipedia.org/wiki/EUV_lithography (дата обращения: 18.03.22).
5. Студопедия. Ограничения интегральной электроники [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.ru/5_25382_ogranicheniya-integralnoy-elektroniki.html (дата обращения: 19.03.22).

Егор Олегович Гридин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНб-112, Россия, Владивосток, e-mail: gridin.egor@list.ru

Научный руководитель – Лилия Владимировна Кучеренко, доктор техн. наук, профессор

Беспроводная передача электрической энергии

Аннотация. Рассмотрены способы передачи электрической энергии без использования токопроводящих элементов, методы ультразвуковой, электромагнитной индукции, микроволнового излучения, электростатической связи, лазерный, зарядных устройств.

Ключевые слова: электрическая энергия, способы передачи энергии, уменьшение потерь.

Egor O. Gridin

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-112, Russia, Vladivostok, e-mail:
gridin.egor@list.ru

Scientific adviser – Liliya V. Kucherenko, Doctor of Technical Sciences, Professor

Wireless transmission of electrical energy

Abstract. The paper considers methods for transmitting electrical energy without the use of conductive elements. Methods are considered: ultrasonic, electromagnetic induction, microwave radiation, electrostatic coupling, laser, chargers.

Keywords: electrical energy, methods of energy transmission, loss reduction.

Передача электрической энергии от электростанций к потребителю осуществляется по металлическим проводам. Согласно закону Джоуля-Ленца при прохождении электрического тока происходит нагревание проводников. В дальнейшем тепловая энергия рассеивается в окружающей среде. Это приводит к потерям электрической энергии. Для уменьшения потерь разрабатываются методы беспроводной передачи электричества. Это методы передачи электрической энергии без использования токопроводящих элементов в электрической сети. Технологические принципы такой передачи базируются на преобразовании электрической энергии в другие виды энергии как промежуточные [1].

В ультразвуковом методе используется преобразование энергии ультразвука в электрическую. Для этого необходимы приёмник и передатчик. Применение передачи электроэнергии при помощи ультразвука затруднена из-за низкого коэффициента полезного действия и дороговизны оборудования [2].

Методом электромагнитной индукции осуществляется передача электричества без проводов по закону Фарадея-Ленца за счет переменного магнитного поля. В процессе участвует трансформатор с двумя катушками. Магнитное поле, возбуждаемое протекающим током по виткам первичной катушки, индуцирует электрический поток во вторичной катушке. Трансформатор служит для преобразования величины напряжения. Передача электрической энергии на большие расстояния происходит при повышенном напряжении, что уменьшает потери. Недостатком такого способа передачи энергии является наличие потерь при увеличении промежутка между катушками [3].

Метод микроволнового излучения основан на том, что микроволны с длиной волны 12 см способны проходить через земную атмосферу фактически без потерь. Такое явление названо «окном прозрачности» атмосферы. Для использования данного метода необходимы два устройства: магнетрон и антенна. Для обратного преобразования микроволнового излучения в электрический ток, существует два метода: использование рекантенны и циклотронного преобразователя энергии [4].

Электростатическая или ёмкостная связь основывается на явлении электростатической индукции. Электрический ток проходит через диэлектрик за счёт градиента электрического поля между изолированными пластинами. Электрическое поле создается заряженных пластин переменным током высокой частоты и потенциала.

Свет видимого спектра можно преобразовать в квантовом генераторе в луч лазера. Далее луч лазера направляется на фотоэлемент приёмника и преобразуется в электрический ток по законам фотоэлектрического эффекта. Лазерная передача энергии по сравнению с другими методами беспроводной передачи обладает рядом преимуществ. В средствах связи возможна передача энергии на большие расстояния без радиочастотных помех. К недостаткам метода можно отнести потери в атмосфере и необходимости прямой видимости между передатчиком и приёмником. В настоящее время разрабатываются технология передачи энергии для коммерческой и потребительской электроники в маломощных устройствах.

В настоящее время самым популярным методом использованием беспроводной передачи электроэнергии являются зарядные устройства. Они используются в различных бытовых устройствах. Автомобильный концерн BMW запустил выпуск беспроводной индуктивной зарядки, которая подходит для помещений и установки на открытом воздухе, например, для автомобилей [5].

Заключение

Методы беспроводной передачи электрической энергии базируются на возможности преобразования электрической энергии в другие виды энергии (электромагнитных волн в широком диапазоне, магнитного и электростатических полей), а затем обратно. Это позволяет значительно снизить потери энергии по сравнению с передачей электроэнергии по токонесущим проводам, что особенно актуально при передаче электроэнергии на большие расстояния.

Библиографический список

1. Беспроводная передача энергии [Электронный ресурс]. URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводная_передача_электричества (дата обращения: 28.02.2022).
2. Цыганков А.В., Кивенко Б.Е., Березовский Д.К. Способы передачи электроэнергии беспроводными методами // Молодой ученый. 2020. № 42(332). С. 19–23.
3. Беспроводная передача электроэнергии [Электронный ресурс]. URL:<https://www.informio.ru/publications/id5657/Besprovodnaja-peredacha-yelektroyenergii> (дата обращения: 28.02.2022).
4. Ларионов, Д.В. Беспроводная передача энергии // Молодой ученый. 2018. № 44(230). С. 39–41.
5. Современные технологии [Электронный ресурс]. URL:<https://mentamore.com/covremennye-tehnologii/besprovodnoe-elektrichestvo.html> (дата обращения: 28.02.2022).

Иван Анатольевич Дусь

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНБ-112, Россия, Владивосток, e-mail: dusivan9@gmail.com

Научный руководитель – Лилия Владимировна Кучеренко, доктор техн. наук, профессор

Качество электроэнергии

Аннотация. Рассмотрены вопросы качества электроэнергии, особенности источников электрической энергии и основные методы повышения качества электроэнергии.

Ключевые слова: качество электроэнергии, частота, напряжение, методы защиты.

Ivan A. Dus

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-112, Russia, Vladivostok, e-mail:
dusivan9@gmail.com

Scientific adviser – Liliya V. Kucherenko, Doctor of Technical Sciences, Professor

Power quality

Abstract. The work is devoted to the quality of electricity. The features of electrical energy sources and the main methods for improving the quality of electrical energy are considered.

Keywords: quality of electricity, frequency, voltage, protection methods.

В настоящее время невозможно развитие промышленности без электрической энергии. Электроэнергия должна соответствовать определенным критериям. Качество электроэнергии – это набор определенных показателей электрического тока, определяющий параметры качества электроэнергии, доставляемой потребителю вовремя [1-6].

В отличие от остальных источников энергии электроэнергия имеет две особенности. Первая особенность заключается в том, что её свойства непостоянны во времени, т.е. они могут изменяться спустя некоторый промежуток времени. Вторая особенность в том, что качество электрической энергии зависит не только от поставщика энергии, но и от самого потребителя, задающего свои собственные параметры сети. Все необходимые требования к параметрам электроэнергии в Российской Федерации изложены в Межгосударственном стандарте [7].

Одним из параметров электроэнергии является частота. Отклонение частоты – величина, равная разности между значением частоты в системе электроснабжения в рассматриваемый момент времени и её номинальным значением. Отклонение частоты проявляется в следующем:

- отклонения напряжения электропитания в точке передачи электрической энергии от номинального;
- колебания амплитуды напряжения;
- несинусоидальность напряжения;
- несимметрия напряжений в трехфазных системах.

Также есть случайные параметры, которые влияют на качество электрической энергии:

1. Прерывания напряжения – явление, при котором напряжение в точке передачи электрической энергии меньше 5 % опорного напряжения.

2. Провалы напряжения и перенапряжения.

3. Импульсное напряжение – параметры кратковременных импульсов, возникающих вследствие воздействия грозы или переключений в электрических сетях.

При доставке электрической энергии через линии электропередач возможны случайные происшествия, влияющие на параметры, определяющие качество электроэнергии. При этом ухудшается качество продукции потребителей. Для того чтобы повысить качество, необходимо детально рассматривать параметры, влияющие на снижение качества в определенных районах. Для этого разработаны три основные группы методов повышения качества электроэнергии [8]:

1. Рационализация электроснабжения, заключающаяся, в повышении мощности сети.

2. Улучшение структуры первого уровня.

3. Использование устройств коррекции качества – регуляторов одного или нескольких показателей качества электроэнергии.

Существуют методы защиты оборудования, которые способны сгладить негативные последствия, вызванные подключением к сети напряжения с низким качеством электроэнергии:

1. Необходимость защитной системы.

2. Возможность заблокировать цепь.

Заключение

Для работы промышленных предприятий и комфортной жизнедеятельности населения, необходимо разрабатывать инновационные проекты по развитию электроэнергетики, которые способны передавать электричество на далекие расстояния без изменения качества электрической энергии.

Библиографический список

1. Качество электроэнергии и его обеспечение – влияние на работу электроприемников [Электронный ресурс]. URL: <https://forca.ru/knigi/arhiv/kachestvo-elektroenergii-i-ego-obespechenie-2.html> (дата обращения: 18.12.2021).

2. Способ увеличения показателей качества электроэнергии на предприятиях и распределительных сетях [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/126/8337/> (дата обращения: 18.12.2021).

3. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ruselt.ru/information/vliyanie-kachestva-elektroenergii-na-rabotu-elektropriemnikov/> (дата обращения: 18.12.2021).

4. Определение уровней качества электроэнергии [Электронный ресурс]. URL: <https://khomovelectro.ru/articles/opredelenie-urovney-kachestva-elektroenergii.html> (дата обращения: 18.12.2021).

5. Качество электроэнергии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nucon.ru/dictionary/kachestvo-elektroenergii.php> (дата обращения: 18.12.2021).

6. Качество электрической энергии [Электронный ресурс]. URL: <https://rosseti-ural.ru/client/transmission/quality/> (дата обращения: 18.12.2021).

7. ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения: 18.12.2021).

8. Качество электрической энергии: современное состояние, проблемы и предложения по их решению / Л.И. Коверникова, В.В. Суднова, Р.Г. Шамонов и др.; отв. ред. Н.И. Воропай, Новосибирск: Наука, 2017. 219 с.

Егор Григорьевич Емельянов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНБ-112, Россия, Владивосток, e-mail: dedrixoo123@gmail.com

Научный руководитель – Елена Николаевна Бауло, канд. техн. наук, доцент

Атомные электростанции с реакторами типа ВВЭР

Аннотация. Новые российские энергоблоки теперь оснащаются только водо-водяными реакторами поколения 3+. Реакторы этого типа можно без преувеличения назвать самыми безопасными, ведь за все время работы реакторов ВВЭР не было ни одного серьезного отклонения в их работе, а если прибегнуть к простой арифметике, то за все время работы водо-водяные реакторы в мире в сумме набрали уже более 1000 реакторолет без аварийной работы. В технологии ВВЭР используется двухконтурная ядерная паропроизводящая корпусная установка с реактором на тепловых нейтронах, в котором теплоносителем и замедлителем является обычная вода под давлением. Конструкция реактора включает в себя надежность давно проверенных инженерных решений с комплексом активных и пассивных систем безопасности, доработанных с учетом «постфукусимских» требований.

Ключевые слова: реактор, установка ВВЭР, активные и пассивные системы защиты, тепловые нейтроны, энергоблок.

Egor G. Emelyanov

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-112, Russia, Vladivostok,
e-mail: dedrixoo123@gmail.com

Scientific adviser – Elena N. Baulo, PhD, Associate Professor

Nuclear power plants with WWER type reactors

Abstract. Over the past quarter of a century, several generations have changed not only in our society, but also in the reactor structure. New Russian power units are now equipped only with generation 3+ pressurized water reactors. Reactors of this type can be recognized as safe without exaggeration, because for the entire period of operation of WWER reactors there has not been a single serious shutdown in their operation, and if we resort to simple arithmetic, then for the entire period of operation of water-water reactors in the world, in total, they have already accumulated more than 1000 reactor years without emergency operation. The VVER technology uses a double-circuit nuclear steam-producing vessel plant with a thermal neutron reactor, in which ordinary pressurized water is the coolant and moderator. The design of the reactor includes the reliability of long-proven engineering solutions with a set of active and passive safety systems, modified to meet the "post-Fukushima" requirements.

Keywords: reactor, WWER plant, active and passive protection systems, thermal neutrons, power unit.

Направление ВВЭР разрабатывалось в СССР параллельно с РБМК. В начале 1950-х гг. уже рассматривались несколько вариантов реакторных установок для атомных подводных

лодок. Среди них имелась и водо-водяная установка, идея которой была предложена в Курчатовском институте С.М. Фейнбергом. Этот вариант был принят и для разработки гражданских энергетических реакторов. Работы над проектом начались в 1954 г., в 1955 г. ОКБ «Гидропресс» приступило к разработке конструкции. Научное руководство осуществляли И.В. Курчатов и А.П. Александров. В 1970 г. был запущен 2-й блок Нововоронежской АЭС с реактором ВВЭР-365, а в 1971 г. – 3-й блок той же станции с реактором ВВЭР-440, который стал серийным советским реактором первого поколения. АЭС с ВВЭР-440 получили большое распространение, множество энергоблоков было построено как в СССР, так и в других странах. Технология ВВЭР [1], безусловно, сыграла определяющую роль на ключевых этапах становления и развития ядерной энергетики Советского Союза и России. Сооружение и эксплуатация головных энергоблоков на НВАЭС подтвердили техническую осуществимость надежных и эффективных промышленных энергоисточников на ядерном топливе, обеспечили вывод технологии ВВЭР на международный рынок реакторных технологий. В критический период после аварии на Чернобыльской АЭС именно энергоблоки ВВЭР обеспечили устойчивость ядерной энергетики страны.

Ядерное топливо заключено в реакторе в циркониевые трубки, тепловыделяющие элементы – ТВЭЛы, которые составляют активную зону реактора. При извлечении из активной зоны поглощающих стержней, в реакторе нарастает поток нейтронов и начинается самоподдерживающаяся цепная реакция деления. При делении ядер урана высвобождается большая энергия, которая разогревает ТВЭЛы. АЭС с реакторами типа ВВЭР работают по двухконтурной схеме. Через реактор циркулирует обычная вода, отчищенная от всех примесей. Проходя через активную зону и омывая ТВЭЛы, вода нагревается до 320 градусов. Чтобы она осталась в жидком состоянии, ее приходится держать под давлением 160 атмосфер. Далее нагретая вода попадает в парогенератор и отдает тепло воде второго контура, после чего снова закачивается в реактор. А далее все как на обычной теплостанции. Вода второго контура в парогенераторе превращается в пар, вращает турбину, а турбина приводит в движение электрогенератор. Он и вырабатывает электрический ток. Сам реактор и парогенератор находятся в герметичной бетонной оболочке. В парогенераторе вода первого контура из реактора физически не контактирует с водой из второго контура, идущей на турбину. Такая схема работы размещения реактора и парогенератора исключает попадания радиоактивных веществ за пределы реакторного зала станции.

Четыре физических барьера

1-й барьер – Прочность таблеток с урановым топливом.

После процесса «Спекания» в печи при температуре 1200 градусов в течение суток таблетки приобретают высокопрочные керамические свойства и не разрушаются под действием высоких температур.

2-й барьер – Герметичность циркониевой оболочки ТВЭЛов.

Таблетки помещаются в циркониевые трубки, образующие оболочку ТВЭЛов. В один ТВЭЛ автомат загружает более 200 таблеток. Загрузив до отказа трубку, робот устанавливает пружину, откачивает воздух и запечатывает трубку. Оболочка ТВЭЛов выполнена из циркония ядерной чистоты и обладает повышенной коррозионной стойкостью, способна сохранять форму при температуре более 1000 градусов. Контроль качества изготовления ядерного топлива проводится на всех этапах его производства. В результате многоступенчатых проверок качества, возможность разгерметизации ТВЭЛов ничтожно мала.

3-й барьер – Корпус реактора.

Это прочный стальной корпус реактора толщиной 20 см. Который рассчитан на рабочее давление 160 атм. Корпус реактора обеспечивает предотвращение выхода продуктов деления под защитную оболочку.

4-й барьер – Оболочка реакторного зала.

Герметичная, защитная оболочка реакторного зала, так называемый «контаймент». Он состоит из двух частей (внутренней и внешней оболочек)

Пассивная и активная системы защиты

Во всех реакторах ВВЭР существуют пассивные и активные системы безопасности. Сочетание, которых гарантирует решение трех основных задач, возникающих при аварийных ситуациях:

- остановка и прекращение ядерной реакции;
- обеспечение постоянного отвода тепла;
- предотвращение выхода радионуклидов за пределы «контаймента».

В аварийных ситуациях, для прекращения ядерной реакции, в активную зону реактора под собственным весом в течение двух секунд падают *стержни аварийной защиты*, которые подвешены над активной зоной на электромагнитных захватах. Стержни поглощают нейтроны, и цепная реакция прекращается. Вторая задача, обеспечение постоянного отвода тепла от ядерного топлива и самого реактора, решается с помощью сочетания активных и пассивных систем безопасности. Отличие их в том, что пассивные системы безопасности энергоблока работают без электричества и участия персонала.

Рассмотрим активные системы безопасности, решающие задачи отвода тепла от энергоблока через второй контур. В случае возникновения аварийной ситуации, если контур охлаждения реактора цел, охлаждение реактора обеспечивается системой аварийного расхолаживания, отвода тепла через второй контур. В случае повреждения первого в работу вступает насосы высокого и низкого давления, которые непрерывно подают воду для охлаждения реактора. Они обеспечивают подачу воды из бассейна выдержки, который находится внутри «контаймента». Если течь в контуре небольшая и в контуре поддерживается высокое давление, то работают насосы высокого давления. Если течь большая и давление начинает быстро падать, то к работе подключаются насосы низкого давления. Объем бассейна выдержки более 2000 м³

Электропитание активных систем безопасности обеспечивается автономно, благодаря резервным дизель-генераторам, которые в случае обесточивания запускаются автоматически, без участия персонала.

Предотвращению роста давления и температуры в нутри «контаймента» служат спринклерные системы, которые конденсируют пар, поступающий из разгерметизированного реактора. Пассивная система обеспечивает отвод тепла от активной зоны реактора через парогенератор. В случае если обесточивание совпало с разрывом первого контура, подачу охлаждающей воды, нужно осуществлять непосредственно в реактор. Эту функцию обеспечивает система гидроемкостей, способная осуществлять подачу воды в реактор в течение длительного времени.

Притом, что вероятность возникновения аварии ничтожна, мала, современные АЭС оснащены еще дополнительными барьерами безопасностями. Последний рубеж обороны вступает в дело, когда не удастся охладить активную зону реактора, и температура топлива растет до 2600 °С. В этом случае дно корпуса реактора плавится, и все остатки ядерного топлива и конструкции реактора, стекают в охлаждаемый огнеупорный стакан, получивший название «Ловушка расплава». Она наполнена, так называемым «Жертвенным материалом», который исключает цепную реакцию деления и снижает температуру расплава. Конструкция ловушки обеспечивает непрерывное охлаждение расплава холодной водой и не даст ему разрушить защитную оболочку реакторного зала. Для исключения взрыва водорода, образующегося вследствие пароциркониевой реакции, применяются пассивные рекомбинаторы водорода, установленные под оболочкой «Контаймента». Они ускоряют реакцию кислорода с водородом, в результате чего образуется вода. При этом газ просто не успевает собраться до взрывоопасных концентраций.

Специальные инженерные меры такие как: рекомбинаторы водорода, «Ловушка расплава», пассивная система отвода тепла являются принципиальными отличиями современных энергоблоков ВВЭР. Наличие активных и пассивных систем безопасности позволяют поддерживать гарантированный отвод тепла от активной зоны реактора в течение 72 ч. Этого времени достаточно для проведения необходимых ремонтных работ.

Принцип выбора места под строительство

Еще один элемент в обеспечении безопасности станции – это принцип выбора места под строительство. Площадку выбирают более чем по 20ти параметрам. Исключаются:

- карстовые породы с пустотами;
- оползни;
- зоны, затопляемые при разливах рек.

Прежде всего учитывается сейсмотектоническая обстановка в месте расположения АЭС, но не смотря на размещение АЭС в сейсмобезопасных районах, вероятность подземных толчков закладывается в усиленную конструкцию реакторного зала. Применяемые современные масляные демпферы способствуют сохранению прочности и работоспособности реакторной установки при сейсмических толчках в 8 баллов.

Достоинства и недостатки

К достоинствам можно отнести:

- природная доступность замедлителя и теплоносителя (воды);
- большая безопасность из-за двухконтурности по сравнению с РБМК и ВВР;
- четыре барьера безопасности;
- меньшее количество персонала по сравнению с РБМК;
- дешёвое топливо;
- простота хранения отработавшего топлива.

К недостаткам можно отнести:

- невозможность перегрузки топлива без остановки реактора по сравнению с канальными реакторами РБМК и CANDU;
- коррозионность воды и необходимость поддержания её химических параметров (химического состава, pH);
- необходимость поддержания высокого давления для предотвращения вскипания при $T = 300-360^{\circ} \text{C}$ и как следствие большая опасность при авариях по сравнению с другими реакторами (жидкометаллическими), имеющими меньшее давление;
- меньшая равномерность выгорания по сравнению с реакторами типа РБМК.

Заключение

Водо-водяной корпусной энергетический ядерный реактор с водой под давлением, представитель одной из наиболее удачных ветвей развития ядерных энергетических установок, получивших широкое распространение в мире. Его безопасность и хорошая выработка электроэнергии делает его лидером среди ядерных установок.

Библиографический список

https://www.youtube.com/watch?v=dK3d_zo8x2g.

Даниил Алексеевич Ермышко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНб-212, Россия, Владивосток, e-mail: daniit543679@mail.ru

*Научный руководитель – Ирина Михайловна Слабженникова, канд. физ.-мат. наук,
доцент*

Добыча сланцевого газа

Аннотация. Рассмотрен процесс добычи сланцевого газа, проблемы при ней возникающие и её распространённость по странам мира. А также приведено сравнение сланцевого газа с другими топливными газами и рассмотрены перспективы его дальнейшего использования.

Ключевые слова: сланцевый газ, месторождение, добыча, запасы.

Daniil A. Ermyshko

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-212, Russia, Vladivostok, e-mail: daniit543679@mail.ru

Scientific adviser – Irina M. Slabzhennikova, PhD, Associate Professor

Shale gas production

Abstract. This article discusses the process of shale gas extraction, the problems that arise with it and its prevalence in the countries of the world. The comparison of shale gas with other fuel gases is also given and the prospects for its further use are considered.

Keywords: shale gas, field, production, reserves.

Сланцевый газ – один из видов природного газа. Его месторождения представляют собой газообразования небольших размеров, также он скапливается в коллекторах, отделах непосредственно сланцевого слоя, расположенного в пластах осадочной породы земной коры.

В основе механизма образования сланцевого газа лежат анаэробные химические процессы. Многочисленные органические вещества разлагаются в толще земельных пластов без участия кислорода, что приводит к образованию множества других веществ.

Сосредоточения ископаемого обычно расположены в глинистых сланцах. Последние представляют собой вид глины, видоизмененный метаморфическими природными процессами, протекающими в глубинах земли. Пласты, оказавшись под действием высоких температур и давления, утрачивают свойственную им пластичность, истончаются, обретают хрупкость. Они покрываются трещинами, при этом их проницаемость уменьшается до самых низких показателей. Газовый сланец обладает высокой горючестью, т.е. способен самостоятельно воспламениться и гореть длительное время, чем и отличается от обычного глинистого. Это свойство он приобретает благодаря содержанию в нем керогена – полимерного органического вещества, схожему по своему молекулярному составу с углем.

Согласно данным экономических отчетов, общие запасы сланцевого газа в мире составляют около 456 триллионов кубических метров. На территории России объемы этого

природного ископаемого, согласно экспертной оценке специалистов, насчитывают 83,7 миллиардов кубических метров [1].

Первым месторождением сланцевого газа, разработанным и освоенным в коммерческих целях, стала пробуренная под руководством Вильяма Харта в 1821 году скважина на территории США. Однако полномасштабная добыча началась лишь в 80-х годах XX века, когда на территории штата Техас стали появляться вертикальные скважины небольших размеров, из которых добывали сланец каменноугольного возраста с тем, чтобы позже получить из них газ.

Подобные технологии были весьма затратные и приносили малую прибыль, т.к. для получения газа требовалось пробурить множество неглубоких скважин методом гидравлического разрыва пластов – в газовую горную породу приходилось подавать воду под высоким давлением, чтобы образовалась необходимая трещина, из которой впоследствии откачивался газ. С годами технологии совершенствовались, что повышало себестоимость добытых природных ресурсов, и, начиная с 2002 года, стало приносить хорошую прибыль. Эту дату считают отправной точкой новой технологической стадии в добыче газовых ресурсов, т.к. новейшие разработки позволили бурить глубокие скважины с гидроразрывом на нескольких стадиях одновременно, а вместо воды закачивать пропанты. Пропанты – гранулообразный материал – дал возможность закреплять полученные трещины, не позволяя им смыкаться под давлением пластов земной коры.

Активная добыча сланцевых месторождений привела к так называемой «газовой революции» («сланцевой революции»), благодаря которой Соединенные Штаты Америки были признаны самым крупным добытчиком и поставщиком всех видов голубого топлива. Так, только в 2009 году объем добытого газа составил более 745 миллиардов кубических метров, из которых больше 40% составляли новые виды природных ископаемых – непосредственно сланцевый газ и метан, добытый в угольных месторождениях.

Хотя США и стали «отцами добычи» сланцевого газа, уже через несколько десятков лет подобные разработки стали проводиться в других странах. Сегодня добыча из имеющихся месторождений ведется на всех континентах [1].

Способ добычи.

Бурение скважины в сланце имеет несколько характерных особенностей:

- Бур двигается как вертикально, так и горизонтально, следуя конфигурации пласта.
- Срок эксплуатации скважины – 5-10 лет (обычной 30-50 лет).
- Большое количество скважин на одном месторождении (до десятков тысяч).
- Сначала бурят обычную, вертикальную скважину. Как только бур доходит до нужного слоя сланцевой породы, он разворачивается и продолжает прокладывать путь горизонтально или под наклоном, следуя направлению пласта.
- В скважину опускают стальные трубы разного диаметра. Для изоляции от грунтовых вод и пористых почв, пространство между трубой и грунтом заполняется цементом.

Чтобы добыть газ из сланца, надо увеличить проницаемость породы. Для этого требуется нарушить ее целостность. На сегодняшний день этого добиваются множественными разрывами породы с помощью специальной смеси на основе воды. Процесс получил название гидроразрыва или фрекинга.

По проложенным трубам в скважину закачивается смесь, состоящая из воды, химических реагентов и маленьких гранул, размером 0,5-1,5 мм. Количество химических реагентов достигает сотни. Гранулы нужны для того, чтобы не дать после разрыва породе «схлопнуться», для этой цели часто применяют песок, керамику, сталь или пластик.

Смесь в определенных местах скважины вступает в химическую реакцию и происходит гидроразрыв. В породе образуется множество трещин, к которым взрывом заносит гранулы.

Воду откачивают, очищают и используют повторно, а в породе остается множество трещин, из которых выкачивают сланцевый газ.

Из-за повышенного содержания примесей сланцевый газ во много раз взрывоопаснее, чем природный. Перекачивать его по обычным газопроводам невозможно. Для того, чтобы перевозить его на большие расстояния применяют несколько способов:

- Строят завод по очистке до состояния природного и дальнейшей транспортировке по газопроводам. Из-за низкой рентабельности такой метод практически не применяется.
- Закачивают в баллоны и перевозят.
- Применяют специальные технологии для создания сжиженного газа и перевозят с помощью судов-газовозов [2]

Проблемы добычи.

Массовой добыче сланцевого газа мешает целый ряд проблем, возникающий при разработке месторождений.

Методика гидроудара, применяемая при бурении скважин, весьма затратная, т.к. включает использование крупных запасов водных ресурсов. Чем дальше они располагаются от залежей ископаемого, тем больше средств требуется потратить на их поставку к месту разработки. Кроме воды (в среднем, около 7500 тонн), смесь для разрыва включает песок и вредные химические вещества, которые после удара скапливаются на близлежащих с местом добычи территориях. Это является серьезным ущербом по экологии района, т.к. утилизировать жидкость с использованием всех норм и требований достаточно затратно, и данное правило газодобывающими компаниями обычно игнорируется.

Объем залежей сланцевого газа, по сравнению с природным, невелик, поэтому максимальный срок их разработки ограничивается 10-15 годами. Как результат – более частое бурение скважин, что отражается и на финансовых затратах, и на экологии территории, где происходит добыча.

Ни одна газодобывающая компания, проводящая разработку сланцевых месторождений, не афиширует состав смеси для гидравлического удара, скрывая данные о химических составляющих, входящих в ее основу. Однако есть данные, что это большое количество токсинов и отравляющих компонентов, число которых может превышать восемь десятков. Оценить, какой урон экологии наносит подобная мера, может каждый, особенно если учесть, что только для одного взрыва требуется от 80 до 300 тонн таких составляющих.

Нарушение методики разработки способно привести к потере метана (его самостоятельному перекачиванию в другие слои земной коры), что усиливает парниковый эффект, также нарушающий экологический баланс.

Затраты на разработку сланцевых месторождений значительно превышают стоимость откачки природного голубого топлива, поэтому экономически выгодно его добывать только при условии, что спрос на альтернативное топливо и его конечная цена велики.

Однако самый существенный недостаток – это серьезный вред как здоровью людей, так и всей окружающей среде, о чем неустанно говорят экологи. Яркий пример – штат Пенсильвания (США), где пробы земли, воды и воздуха возле сланцевого бассейна свидетельствуют не просто об экологическом дисбалансе, а носят характер настоящей экокатастрофы. Разрушение природы, как и использование огромных объемов воды для гидравлического удара – основные проблемы в регионах добычи сланцевого газа. Хотя газодобывающие компании оправдывают свои действия тем, что разрывы пластов выполняются значительно ниже уровней, где проходят грунтовые воды, не отметить тот факт, что последние страдают от сильнейшего загрязнения химикатами, невозможно. Так, в некоторых водоемах уровень химических веществ настолько велик, что жидкость можно легко поджечь. Вместе с водой страдает и почва, на которой произрастают растения, плоды которых позже употребляются в пищу людьми и животными, и воздух, необходимый для дыхания всем живым существам планеты.

Некоторые месторождения отличаются и высоким радиационным фоном. Это связано с тем, что после гидроразрыва радиоактивные вещества, вместе с другими токсинами, проникают во все слои почвы и грунтовых вод, и неизменно выходят на поверхность земной коры, в воздух. Такая особенность присуща месторождениям, относящимся к мезозойской

и палеозойской эрам, и, как это не прискорбно, именно они являются наиболее выгодными с экономической точки зрения [1].

В связи с возможным ущербом для окружающей среды добыча сланцевого газа запрещена во Франции и Болгарии. Добыча сланцевого сырья запрещена или приостановлена также в Германии, Нидерландах, ряде штатов США [3].

Сравнение с другими видами топливных газов.

Зная химический состав сланцевого газа, можно высчитать примерные значения его низшей теплоты сгорания (Q_n) и сравнить их со значениями других топливных газов.

Содержание химических элементов различно на каждом из месторождений [4], поэтому для расчета использовались средние значения.

Формула низшей теплоты сгорания для сухих горючих газов имеет вид

$$Q_n = 127 \cdot CO + 108 \cdot H_2 + 358 \cdot CH_4 + 591 \cdot C_2H_6 + 911 \cdot C_3H_8 + 234 \cdot H_2S.$$

Результаты расчета приведены в таблице, где также представлены химический состав и теплота сгорания других горючих газов.

Вид газа	Состав, %								Теплота сгорания, МДж/кг
	CH ₄	H ₂	CO	CO ₂	CnHm	O ₂	H ₂ S	N ₂	
Природный	94,9	-	-	0,4	3,8	-	-	0,9	36,7
Коксовый	22,5	57,5	6,8	2,3	1,9	0,8	0,4	7,8	16,6
Доменный	0,3	2,7	28	10,3	-	-	0,3	58,5	4
Сланцевый	91,8	-	-	2,3	4,8	-	-	1,1	36,4

Более наглядное сравнение представлено на рисунке.

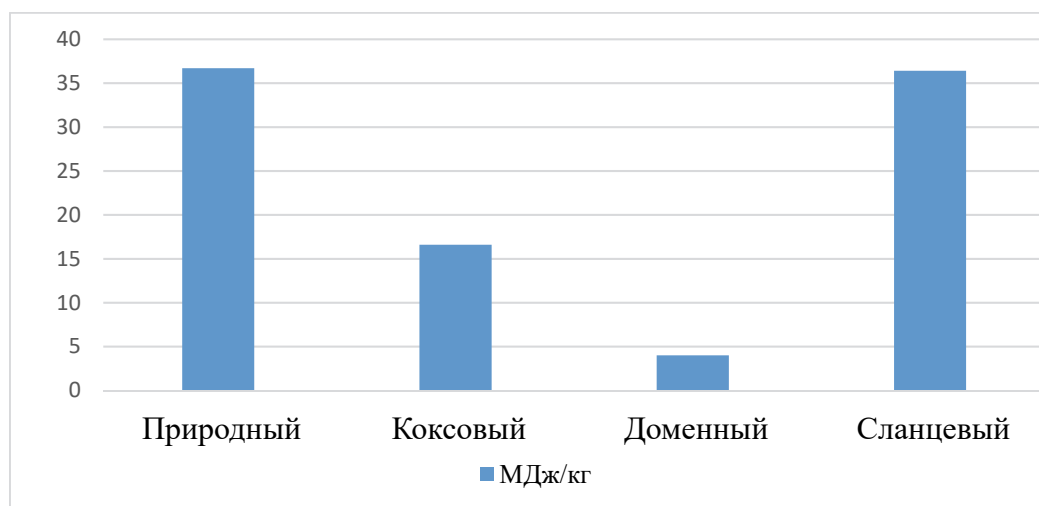


Диаграмма теплоты сгорания горючих газов

Как видно, и химический состав, и теплота сгорания сланцевого газа почти идентичны природному. Это подтверждает то, что сланцевый газ является лишь разновидностью природного, а также то, что он способен полностью заменить собой традиционно добываемый газ.

Добыча по странам мира.

США. В 2014 г. с учетом открытия новых месторождений извлекаемые запасы сланцевого газа оценивались в 4 трлн м³, а разведанные недоказанные – в 23 трлн. Ведущей американской корпорацией по добыче этого полезного ископаемого стала фирма «Chesapeake

Energy». В 2009 г. производство СПГ в США составило 14 % от всего горючего газа, что привело к перераспределению мирового газового рынка и образованию избыточного предложения. К 2012 г. в Америке было добыто 290 млрд м³ сланцевого газа, что составило уже 40 % от общей выработки.

По предположению Международного энергетического агентства, добыча сланцевого газа в Америке к 2030 г. будет составлять порядка 150 млрд м³ в год. Тривиальный расчет, произведенный в 2014 г., показывает, что доказанных извлекаемых запасов СПГ в США при добыче на таком же уровне, как в 2014 г. (330 млрд м³) хватит на 12 лет. Недоказанных же запасов должно хватить на 70 лет [5].

Канада. Два крупных месторождения сланцевого газа Северной Америки разрабатывает Канада – это сланцевые поля Horn River и Montney. В 2006-2007 гг. Канада начала бурение в районе Horn River. В 2010 г. компания «TransCanada Corp.» начала строительство первого газопровода для транспортировки сланцевого газа с месторождения Montney в магистральную сеть.

К 2015 г. объем добычи сланцевого газа в Канаде может составить 40 млрд м³, к 2020 г. он возрастет до 200 млрд м³, что позволит создать экспортный потенциал: в 2016-2017 гг. Канада планировала экспортировать примерно 40 млрд м³ газа в год в Японию и Юго-Восточную Азию [6].

Китай. По оценке Международного энергетического агентства запасы сланцевого газа в Китае достигают 26 трлн м³, т.е. в 1,5 раза превышают запасы этого газа в США. При этом подтвержденные геологическими разработками запасы составляют всего 600 млрд м³, а пригодные для коммерческой деятельности при современных технологиях его добычи – 200 млрд м³.

Для Китая добыча сланцевого газа является приоритетным направлением и занимает особое место в планировании развития страны на ближайшие 5 лет. В соответствии с планами, в 2015 г. годовые объемы добычи сланцевого газа достигли 6,5 млрд м³. Общий объем производства природного газа в стране вырастет на 6 % с текущего уровня. К 2020 г. Китай планировал выйти на уровень добычи в диапазоне от 60 до 100 млрд м³ сланцевого газа ежегодно.

В марте 2012 г. национальный концерн «China National Petroleum» и датская компания «Royal Dutch Shell» подписали первый в истории Китая контракт по разработке месторождений сланцевого газа. Компания «Shell» вложила почти 400 млн дол. в сланцевые проекты и совместно с китайскими компаниями будет осваивать район Фушунь-Юнчуань площадью 3,5 тыс. км², причем уже в 2012 г. здесь пробурят как минимум 25 скважин. Потребности страны в энергоресурсах постоянно растут примерно на 2-3 % в год, и освоение сланцевых месторождений может стать хорошим дополнительным источником топлива [6].

Россия. После начала «сланцевой революции» в США российские специалисты сразу стали наблюдать за развитием этой отрасли. С появлением новых разработок и технологий объем топлива, добываемого в США, достиг больших значений. Тогда и в нашей стране решили рассмотреть возможность развития перспективного направления, выделив для этого отдельный полигон. Обсуждались возможности геологического изучения недр и подключения месторождений сланцевого газа к магистральным газопроводам. Рассматривался вариант упрощенной схемы выдачи лицензий на добычу. Для этого было решено выделить сланцевый газ в отдельный вид полезного ископаемого, что позволяет ввести льготы по разработке месторождений.

Однако в связи со снижением спроса в целом на природный газ, работы по добыче трудноизвлекаемого топлива не активизируются. К этому нужно добавить, что добыча сланцевых углеводородов значительно дороже. Так, производство 1 тыс. м³ такого газа обходится в \$ 150, тогда как традиционного на новых месторождениях – \$ 20, а на старых – \$ 10.

Кроме того, разработка трудноизвлекаемых запасов, по мнению ряда экспертов, несет экологическую угрозу в связи с применяемыми технологиями гидроразрыва пласта. В результате проведения работ существует риск загрязнения подземных вод.

В этой связи в нашей стране считают, что в сложившейся ситуации не имеет смысла вкладывать немалые средства на добычу этого вида топлива, если в арсенале имеются значительные залежи менее затратного газа.

Ряд мировых экспертов полагает, что Россия зря отказывается от повсеместной добычи сланцевого газа. В будущем его доля на мировом рынке будет значительной. А у Российской Федерации может возникнуть серьезная конкуренция [7].

Заключение

Оценивая ситуацию со сланцевым газом, стоит отметить следующее:

1. В ближайшем будущем наступит время, когда цена сланцевого газа будет равна цене газа, добываемого из газовых скважин обычным способом. Это связано с развитием технологий добычи, а также истощением запасов месторождений традиционного газа.

2. Наступает время, когда районы, где планируется разработка новых месторождений газа будут расположены далеко на Крайнем Севере, в акватории северных морей и соответственно возрастет стоимость буровых работ, а также стоимость газа.

3. Истощение запасов газа на известных месторождениях в перспективе приведет к остановке газопроводов. В этих случаях одним из способов загрузки газотранспортной сети может стать добыча сланцевого газа.

4. Применение инновационных технологий добычи сланцевого газа позволит избежать экологически вредных последствий применения гидроразрыва пластов при освоении месторождений сланцевого газа.

5. Месторождения сланцевого газа разведаны достаточно слабо. С большой долей вероятности его запасы в разы превышают нынешние оценки [8].

На данный момент добыча традиционного газа полностью покрывает все потребности человечества, а его месторождения можно вырабатывать ещё несколько лет. Из-за этого, а также множества проблем, связанных с добычей сланцевого газа, компании и государства пока не готовы серьёзно вкладываться в разработку новых технологий его добычи. Однако в долгосрочной перспективе сланцевый газ способен полностью заменить собой традиционный. Их химический состав и вырабатываемая энергия почти не различаются, а развитие газсланцевой отрасли хоть и медленно, но всё же происходит.

Библиографический список

1. Вторая индустриализация России [Электронный ресурс]. URL: Сланцевый газ, характеристика, свойства, добыча, преимущества и проблемы (xn--80aaaftebbbc3auk2aepkhr3ewjpa.xn--p1ai).

2. Фабрика манимейкеров – онлайн-журнал о бизнесе [Электронный ресурс]. URL: Как добывают сланцевый газ: технология добыча понятным языком (moneymakerfactory.ru).

3. Neftgaz.RU [Электронный ресурс]. URL: Во Франции не будут добывать сланцевые газ (neftegaz.ru).

4. Мельникова С., Сорокин С., Горячева А., Галкина А. Первые 5 лет «сланцевой революции»: что мы теперь знаем наверняка? М.: ИНЭИ РАН, 2012. 6 с.

5. SYL [Электронный ресурс]. URL: Что такое сланцевый газ, где и как его добывают? Сланцевый газ и природный газ: отличие : SYL.ru.

6. Neftgaz.RU [Электронный ресурс]. URL: Сланцевый газ: мифы и реальность – Актуально – Статьи журнала (neftegaz.ru).

7. ЦДУ ТЭК [Электронный ресурс]. URL: ТЭК России | Возможности для освоения ТРИЗ (cdu.ru).

8. Neftgaz.RU [Электронный ресурс]. URL: Сланцевый газ: есть ли будущее? // Рынок. Статьи журнала (neftegaz.ru).

УДК 530.145.6.

Владислав Константинович Заборьев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. БТб-112, Россия, Владивосток, e-mail: vladzaborev@gmail.com

Научный руководитель – Ольга Федоровна Лапаник, канд. пед. наук, доцент

Парадокс квантовых частиц «Эффект наблюдателя»

Аннотация. Рассматривается эффект наблюдателя на примере квантовых частиц.

Ключевые слова: эффект наблюдателя, фотон, частица, матрица.

Vladislav K. Zaboryev

Far Eastern State Technical Fisheries University, BTb-112, Russia, Vladivostok, e-mail:
vladzaborev@gmail.com

Scientific adviser – Olga F. Lapanik, PhD, Associate Professor

The paradox of quantum particles «Observer effect»

Abstract. In this paper, the observer effect is considered on the example of quantum particles.

Keywords: observer effect, photon, particle, matrix.

Эффект наблюдателя – теория, согласно которой наблюдение за объектом изменяет его свойства. В квантовой механике термин «наблюдатель» используется в значении, когда мы что-то измеряем. Если в макром мире нам достаточно применить какой-либо измерительный прибор (например, нам нужно узнать длину простого карандаша – мы используем для этой цели линейку), чтобы узнать точное или приблизительное значение, то в микромире любая попытка наблюдения (измерения) изменит квантовую систему [1]. Эффект наблюдателя – одно из самых необычных и загадочных открытий в физике, чтобы во всем разобраться, обратимся к теории. Вся сложность в изучении квантовой физики заключается в том, что квант себя может вести как волна и как частица. Если в классической механике мы можем рассчитать положение в пространстве и траекторию, скорость движения и время перемещения объекта, то с квантовыми частицами такое уже не провернуть. Они, грубо говоря, летают как хотят, куда хотят, и четкой траектории движения у них не может быть вовсе. Невозможно сказать, где окажется частица через какое-то время, мы можем лишь вероятно «прикинуть», где ее можно искать. Пока их не ищешь, они ведут себя как волны и «размазаны» по всей Вселенной. Но стоит начать за ними наблюдать, как они сразу ведут себя «порядочно», как подобает частицам. Именно в этом и заключается принцип квантово-волнового дуализма, согласно которому кванты могут себя вести как волны и как частицы.

А вот и самое основное «волшебство» квантовой механики. Суть эксперимента в том, что у нас есть источник света, установка за двумя щелями и экран с поглощающим материалом, на котором мы увидим полосы света. Если есть наблюдатель, то картинка будет ожидаема: 2 щели – 2 полосы света [3]. Но стоит наблюдателю отвернуться, как мы обнаружим на экране с поглощающим материалом, что полос больше, чем должно быть! То есть в присутствии наблюдателя частицы ведут себя как частицы, а без наблюдателя – хаос.

тически, как волны. «Волшебство» в том, что мы меняем поведение частиц лишь тогда, когда за ними «подглядываем» – вот он, эффект наблюдателя!

Но возникает вопрос, а что если фотоны выпускать по одному, как себя будет вести фотон в этом случае? Ученые провели эксперимент – из фотонной пушки выпускали по одному фотону через два отверстия, без наблюдения за частицами на светочувствительном полотне образовалось 6 полос, ученые решили посмотреть на то, как ведет себя частица, и после эксперимента образовалось всего две линии.

Мы меняем физическую реальность одним взглядом. Сейчас есть только теории о том, почему квант ведет себя так двойственно, в пример возьму одну из них.

Теория Ника Бострома о том, что мы все живем в матрице, и «эффект наблюдателя» – одно из его доказательств [2]. Он считает, что матрица не может контролировать такие маленькие частицы как фотоны, и поэтому без наблюдения матрице легче изображать фотоны как волны, но во время любого наблюдения матрица для полной иллюзии реальности искусственного интеллекта фотон превращает в частицу. Область, на которую пользователь не обращает внимания, обрабатывается иначе хотя бы ради экономии энергии, ведь зачем стараться, если всё равно пользователь туда не смотрит?! Вот когда пользователь обратит внимание, то и расчёты будут более точными!

Библиографический список

1. <https://masterok.livejournal.com/3229836.html?ysclid=11udfm3lqh>.
2. <https://goaravetisyan.ru/dokazatelstva-togo-chto-my-zhivem-v-matrice-uchenye-nashli-eshche-odno-dokazatelstvo/#:~:text=%D0%98%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%20%D1%8D%D1%82%D1%83%20%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8E%20%D0%B2%D1%8B%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%83%D0%BB%20%D0%B2,%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D1%8B%20%D0%BB%D0%B8%D1%88%D1%8C%20%D0%B4%D0%B2>.
3. <https://silavmisli.ru/podsoznaie/effekt-nablyudatelya.html>.

УДК 621.039.6.

Никита Юрьевич Калугин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. БТб-112, Россия, Владивосток, e-mail: SecuriAmiX898@yandex.ru

Научный руководитель – Ольга Фёдоровна Лапаник, канд. пед. наук, доцент

Проблемы термоядерного синтеза

Аннотация. Энергетика ядерных процессов – следующий шаг в продвижении технологического прогресса человечества, который позволит решить энергетические проблемы мира. Представлена информация о термоядерном синтезе, его плюсах и минусах, возможностях осуществления и коммерческого использования, видах ядерных реакций.

Ключевые слова: ядерная реакция деления, ядерная реакция синтеза, «кулоновский барьер», критерий Лоусона, магнитная термоизоляция плазмы, ТОКАМАК, стелларатор.

Nikita Y. Kalugin

Far Eastern State Technical Fisheries University, BTb-112, Russia, Vladivostok, e-mail: SecuriAmiX898@yandex.ru

Scientific adviser – Olga F. Lapanik, PhD, Associate Professor

Problems of thermonuclear fusion

Abstract. The energy of nuclear processes is the next step in advancing the technological progress of humankind, which will solve the energy problems of the world. In this report, I will talk about thermonuclear fusion, its pros and cons, the possibilities of implementation and commercial use, the types of nuclear reactions.

Keywords: nuclear fission reaction, nuclear fusion reaction, Coulomb barrier, Lawson criterion, magnetic thermal insulation of plasma, TOKAMAK, stellarator.

Ядерная реакция деления – процесс расщепления атомного ядра на два (реже три) ядра с близкими массами, называемых осколками деления. В результате деления могут возникать и другие продукты реакции: лёгкие ядра (в основном, альфа-частицы), нейтроны и гамма-кванты.

Деление бывает самопроизвольным и вынужденным (в результате взаимодействия с другими частицами, прежде всего, с нейтронами). Однако следует отметить, что спонтанные процессы обычно не относятся к ядерным реакциям, поэтому ядерной реакцией является лишь вынужденное деление.

Деление тяжёлых ядер – экзоэнергетический процесс, в результате которого высвобождается большое количество энергии в виде кинетической энергии продуктов реакции, а также излучения.

Альфа-частицы - положительно заряженная частица, образованная двумя протонами и двумя нейтронами. Могут вызывать ядерные реакции. Поток этих частиц называют альфа-излучением. Ядро атома гелия 4 [1].

Бета-частицы – электроны, которые вылетают из атомных ядер некоторых радиоактивных веществ при радиоактивном распаде [2].

Гамма-кванты – вид электромагнитного излучения, характеризующийся чрезвычайно малой длиной волны – менее $2 \cdot 10^{-10}$ м [1].

Ядерная реакция синтеза – процесс слияния двух атомных ядер с образованием нового, более тяжёлого ядра. Кроме нового ядра, в ходе реакции синтеза, как правило, образуются также различные элементарные частицы и (или) кванты электромагнитного излучения (в зависимости от топлива) [1, 3].

Без подвода внешней энергии слияние ядер невозможно, так как положительно заряженные ядра испытывают силы электростатического отталкивания – «кулоновский барьер». Для синтеза ядер необходимо сблизить их на расстояние порядка 10^{-15} м, на котором действие сильного взаимодействия будет превышать силы электростатического отталкивания. Это возможно в случае, если кинетическая энергия сближающихся ядер превышает кулоновский барьер [1, 4, 5]. Такой случай может произойти в двух ситуациях:

1. При воздействии большой внешней энергии на вещество (например, внутри звёзд), которая помогает преодолеть кулоновские силы отталкивания, мешающих сильным взаимодействиям между атомами.

2. Если одни атомы с большой кинетической энергией встречают на своём пути другие (такое возможно в ускорителях частиц)

Термоядерный синтез требует огромной энергии для запуска процесса, он менее радиоактивен, а также в результате синтеза образуются ядра более тяжёлых элементов [1].

Первый минус термоядерного синтеза – его энергозатратность, как бы парадоксально это не было для процесса, направленного на выработку энергии. Однако есть такой показатель как критерий Лоусона.

Критерий Лоусона – показатель, который определяет минимальную частоту реакций синтеза в секунду, необходимую для устойчивого поддержания реакции в материальной среде, а также показывает, будет ли данная термоядерная реакция источником энергии [6, 7]. Критерий Лоусона находится по формуле

$$n\tau \geq \frac{12kT}{(E_{He} + \mu E_n)\langle\sigma v\rangle}, \text{ м}^{-3} \cdot \text{с},$$

где n – концентрация атомов; τ – время удержания плазмы в реакторе; E_{He} – энергия, приходящаяся на атомы гели; E_n – энергия, приходящаяся на нейтроны; $\langle\sigma v\rangle$ – показатель скорости столкновения общего числа частиц.

Эта формула помогает найти численное значение показателя, а для известных видов топлива (а именно с учётом вида топлива ведётся расчёт) показатель уже высчитан [6].

Для D-T (Дейтерий-Тритиевого) топлива $n\tau \geq 2 \cdot 10^{20}$,

Для D-D (Дейтерий-Дейтериевого) топлива $n\tau \geq 5 \cdot 10^{22}$,

Для D- ^3He (Дейтерий-Гелиевое) топлива $n\tau \geq 7.5 \cdot 10^{24}$ [7].

Если менее научно, то эта формула показывает, что определённая концентрация ионов должна удерживаться достаточно долго, чтобы выделившаяся энергия была больше потерянной энергии (в том числе и больше энергии запуска). То есть можно или поддерживать большую концентрацию ионов, но короткое время, или малую концентрацию, но долго. К сожалению, пока реакторы не способны поддерживать достаточно высокую индукцию для поддержания реакции в течение, допустим, пары секунд.

Виды топлива:

D-T ($^2\text{H} + ^3\text{H}$) – идёт очень высокоэнергетическая реакция. Недостатки – тритий крайне дорог, не встречается в природе. высокое нейтронное излучение(радиация) [3].

D-D ($^2\text{H} + ^2\text{H}$) – идёт хороший выход энергии. Недостатки – высокое нейтронное излучение и ещё большая необходимая температура (500~ млн градусов) [3,8].

D- ^3He ($^2\text{H} + ^3\text{He}$) – наивысшие показатели энергии из реакции. Недостатки – реакцию примерно в 100 раз сложнее начать (не в последнюю очередь из-за температуры), также гелий-3 – редкий и дорогой изотоп, который получать в промышленных масштабах не представляется на данный момент возможным [3,9].

H-H ($^1\text{H}+^1\text{H}$) – крайне слабый выход энергии, не рассматривается как топливо для промышленной выработки энергии [1].

Таким образом, второй минус термоядерного синтеза – отсутствие или малое количество компонентов (Тритий и Гелий-3) для топлива в природе.

Одним из родоначальников исследований управляемого термоядерного синтеза является Андрей Дмитриевич Сахаров, человек, что дал старт развитию отдельному направлению науки и открыл людям путь к новому источнику энергии. Собственно, Сахаров и Игорь Евгеньевич Тамм – наставник Сахарова, также лауреат Нобелевской премии – выдвинули идею магнитной термоизоляции плазмы: радикального снижения теплопереноса высокотемпературной разреженной плазмы при помещении её в сильное магнитное поле. Если вкратце – это послужило началом разработки ТОКАМАКа (рис. 1)

Ещё одним человеком, внёсшим вклад в развитие физики плазмы, является Лайман Спитцер, разработавший стелларатор (рис. 2) [3, 10]. Существует всего два вида конструкций:

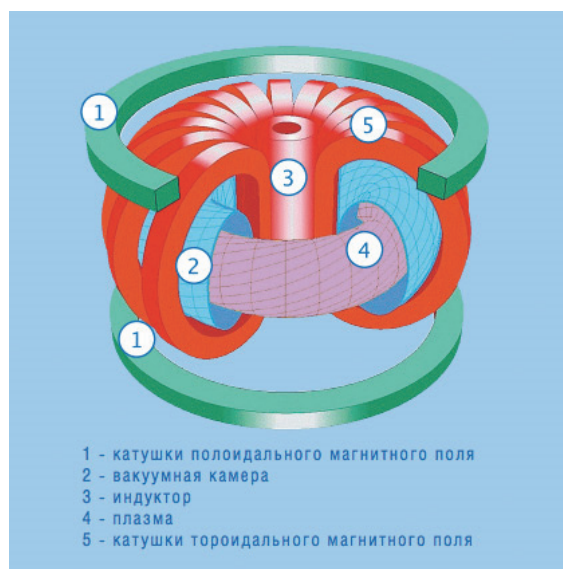


Рисунок 1 – ТОКАМАК

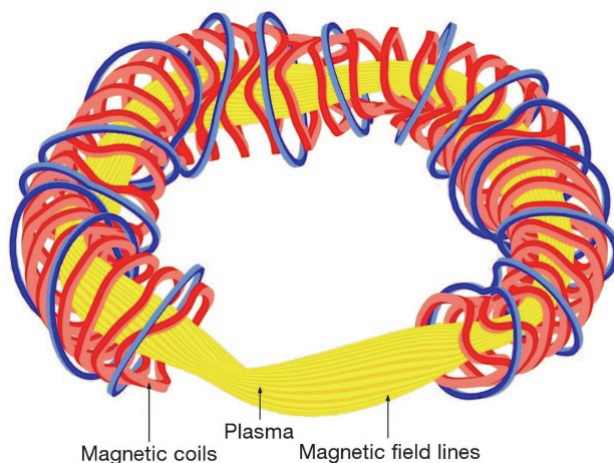


Рисунок 2 – Стелларатор

ТОКАМАК – тороидальная камера с магнитными катушками [11]. Если кратко, реактор представляет собой полый бублик, обмотанный магнитными катушками, соленоид. В нём присутствует два магнита, создающих полоидальное и тороидальные поля соответственно.

Стелларатор – ловушка для магнитной изоляции плазмы [12], по форме напоминающий ТОКАМАК, но с важным отличием – у стелларатора есть лишь один магнит, но скрученный на протяжении всей его формы. Назван так по причине схожести процессов внутри реактора с процессами внутри звёзд [12].

Коммерческое использование термоядерного синтеза же на данном этапе технологического развития невозможно. В качестве примера подойдёт реактор, который строится во Франции, ИТЭР. Было математически высчитано, какие затраты уходят на 1 кВт энергии ядерного реактора и современного, пусть и не запущенного ещё термоядерного реактора ИТЭР [13, 14].

Сейчас стоимость ИТЭРа оценивается в 10 млрд дол. США, а его тепловая мощность по проекту равна 500 мВт. Отсюда следует, что капитальные затраты на 1 кВт тепловой мощности составляют 20 тыс. дол. В атомной энергетике один блок с электрической мощностью 1 ГВт (тепловой мощностью 3 ГВт) сейчас стоит примерно 1.5 млрд дол., т.е. 500 дол. за 1 кВт тепловой мощности. Отсюда следует, что удельные капитальные затраты в термоядерном реакторе ИТЭР в 40 раз больше, чем в атомном реакторе. Третий минус термоядерного синтеза является его не окупаемость. По крайней мере на данный момент, слишком высоки материальные затраты при таком выходе энергии [14].

Подводя итог, можно сказать, что главные проблемы термоядерного реактора – его стоимость и технологическое несовершенство человечества на данном этапе своего развития. Причём первое это следствие второго, ведь мы пока не можем удерживать плазму долго – потому что не можем создать достаточную индукцию, чтобы повисить плотность той, мы не можем найти новые виды топлива для разнообразия вариантов действий. И уже из этого вытекает вся гигантская стоимость проекта. Человечество идёт к прогрессу огромными шагами, за 70 лет с момента зарождения термоядерной энергетике мы уже создаём реактор, на котором возможно будет произведён первый успешный синтез. Но до настоящего успеха – коммерческого использования – ещё минимум 20 лет, если верить прогнозу доктора физ. наук Днестровскому. Пути решения этих проблем сугубо технические – необходимо больше исследований и финансирования учёных, а затем введение технических решений, которые позволят, по нашему мнению, оптимизировать уже налаженный процесс. Таким образом, всё что необходимо для успешного синтеза – оптимизация. Ведь технология уже известна.

Библиографический список

1. Ядерная реакция [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Ядерная_реакция#Ядерная_реакция_деления.
2. Бета-частица [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Бета-частица>.
3. Управляемый термоядерный синтез [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Управляемый_термоядерный_синтез.
4. Термоядерная реакция [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Термоядерная_реакция.
5. Красильников, А. Атомы науки / А. Красильников, И. Гриднёв, К. Астахова // Постнаука. 29.12.2020. С. 1.
6. Критерий Лоусона [Электронный ресурс]. Элементы. Режим доступа: URL: https://elementy.ru/trefil/21157/Kriteriy_Lousona.
7. Критерий Лоусона [Электронный ресурс]. Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Критерий_Лоусона.
8. Термоядерный синтез [Электронный ресурс]. Кафедра «Плазменные энергетические установки. Режим доступа: URL: <http://plasmaenergy.ru/fusion/>.

9. Гелий-3 [Электронный ресурс]. Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гелий-3>.
10. Сахаров А.Д. Теория магнитного термоядерного реактора. Ч. II // Науч. тр. 1995. С. 33–34.
11. ТОКАМАК [Электронный ресурс]. Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Токамак>.
12. Стелларатор [Электронный ресурс]. Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Стелларатор>.
13. Международный экспериментальный термоядерный реактор [Электронный ресурс]. Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Международный_экспериментальный_термоядерный_реактор
14. Днестровский Ю.Н. Проблемы управляемого термоядерного синтеза // Физические науки 2007. С. 2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://spkurdyumov.ru/forecasting/problemu-upravlyаемого-termoyadernogo-sinteza/2/>.

Алексей Юрьевич Ковтун

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНБ-112, Россия, Владивосток, e-mail: Madness2814@yandex.ru

Научный руководитель – Лилия Владимировна Кучеренко, доктор техн. наук, профессор

«Зелёная» энергетика в странах Европы

Аннотация. Рассмотрены актуальные вопросы электроэнергетики, механизмы получения электрического тока за счет природных процессов, вопросы развития энергетики на основе возобновляемых источников энергии в странах Европы.

Ключевые слова: электроэнергетика, возобновляемые источники энергии.

Alexey Yu. Kovtun

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-112, Russia, Vladivostok, e-mail: Madness28/4@yandex.ru

Scientific adviser – Liliya V. Kucherenko, Doctor of Technical Sciences, Professor

«Green» energy in Europe

Abstract. The work is devoted to topical issues of the electric power industry. The mechanisms for obtaining electric current due to natural processes are considered. The paper considers the issues of energy development based on renewable energy sources in European countries.

Keywords: electric power industry, renewable energy sources.

Одной из самых актуальных проблем в современном мире является проблема развития энергетики. Природные ископаемые, используемые как топливо, постепенно истощаются. Продукты сгорания наносят вред окружающей среде.

«Зеленая» энергия – это энергия, получаемая за счет солнца, ветра, воды, горячих источников, морских приливов. Её называют возобновляемой или регенеративной. Возобновляемость энергии заключается в получении энергии из постоянно происходящих в природе процессов [1].

В основе работы гидротехнических сооружений лежит закон сохранения механической энергии. Потенциальная энергия поднятой над поверхностью Земли воды при движении превращается в кинетическую энергию. Водный поток приводит в движение лопасти турбины, в свою очередь за счет вращения ротора создается электрический ток. Механическое воздействие оказывают волны морских приливов. Такое же механическое действие на лопасти турбины оказывает ветер. В термальных источниках получают электрический ток за счет термоэлектрических явлений. Энергия солнечного излучения непосредственно превращается в электрическую энергию.

Далее рассмотрим развитие «зеленой» энергетики в странах Европы. В Германии продвижение генерации на основе солнца и ветра происходит при непосредственном участии правительства. Это касается не только субсидий и льгот для проектов возобновляемых источников энергии (ВИЭ), но и благоприятных регуляторных решений. Несмотря на рост

мощностей из-за погодных условий, выработка электричества ветром сократилась и упала доля ВИЭ в энергобалансе страны [2].

Сегодня Швеция – лидер в Европе по развитию ВИЭ. В 2020 году больше половины всего электричества в стране было произведено на гидроэлектростанциях, в ветропарках или путем переработки отходов лесопромышленного сектора [3].

В Финляндии на территории архипелага в Балтийском море планируют установить ветрогенераторы, электроэнергии которых хватит не только для самих островов, так и на поставки в материковую Финляндию и Швецию [4].

В 2020 г. доля возобновляемых источников энергии во Франции выросла почти на 4 %. По-прежнему среди возобновляемых источников энергии лидирует гидроэнергетика, хотя её производственные мощности остаются стабильными и почти не растут. Перспективные направления такие как морская ветряная энергетика развиваются с отставанием от европейских стран-лидеров «зелёной» энергетики. Примерно на 70 % потребности страны стабильно обеспечивают атомные электростанции [5].

Правительство Дании одобрило план строительства искусственного острова в Северном море для производства и накопления «зелёной» энергии. Правительство и парламент Дании согласовали полную остановку добычи нефти и газа в Северном море к 2050 г., чтобы достичь углеродной нейтральности [6].

В России на возобновляемую энергетику приходится 20 % производимой энергии. Развитие альтернативной энергетики требует больших вложений, поэтому ее развитие пока значительно отстает от мировой тенденции.

Библиографический список

1. Зеленая энергия: понятие, виды, преимущества использования [Электронный ресурс]. URL: <https://econj.ru/stati/zelenaja-jenergija%3A-ponjatije--vidi--preimushhestva-ispolzovanija.html> (дата обращения: 28.02.2021).
2. Зеленая энергетика в Европе теряет от роста экономики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2021/08/09/zelenaja-energetika-v-evrope-teryaet-ot-rosta-ekonomiki.html> (дата обращения: 28.02.2021).
3. Вода, солнце, или ветер? Как устроена энергетика Швеции [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.sweden.se/klimat/energetika/kak-prozhit-bez-nefti>
4. Финляндия запускает энергетический мегапроект на миллиарды евро [Электронный ресурс]. URL: https://www.rbc.ru/spb_sz/27/04/2021/6087b3be9a7947d5fdf804d5 (дата обращения: 28.02.2021).
5. Доля «зеленой» энергетики во Франции превысила 25 % в 2020 году [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rfi.fr/ru/франция/20210223-доля-зеленой-энергетики-во-франции-превысила-25-в-2020-году> (дата обращения: 28.02.2021).
6. Дания построит искусственный остров для выработки «зелёной» энергии [Электронный ресурс]. URL: <https://secretmag.ru/news/daniya-postroit-iskusstvennyi-ostrov-dlya-vyработки-zelyonoi-energii.htm> (дата обращения: 28.02.2021).

Максим Витальевич Кордюк

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭМс-112, Россия, Владивосток, e-mail: kardukm@gmail.com

*Научный руководитель – Ирина Михайловна Слабженникова, канд. физ.-мат. наук,
доцент*

Специальная теория относительности. Путешествие в будущее

Аннотация. Специальная теория относительности меняет представления о привычных вещах, одной из которых является время, в привычном понимании оно является неизменным, но теория относительности опровергает этот факт.

Ключевые слова: теория относительности, скорость света, время, релятивистская физика.

Maxim V. Kordyuk

Far East State Technical Fisheries University, EMs-112, Russia, Vladivostok, e-mail:
kardukm@gmail.com

Scientific adviser – Irina M. Slabzhennikova, PhD, Associate Professor

Special theory of relativity. Journey into the Future

Abstract. The special theory of relativity changes ideas about familiar things, one of which is time, in the usual sense it is unchanged, but the theory of relativity refutes this fact.

Keywords: theory of relativity, speed of light, time, relativistic physics.

Специальная теория относительности (СТО) – физическая теория, рассматривающая пространственно-временные свойства физических процессов. Закономерности СТО проявляются при больших (сравнимых со скоростью света) скоростях. Законы классической механики в этом случае не работают. Причина этого заключается в том, что передача взаимодействий происходит не мгновенно, а с конечной скоростью (скоростью света). События являются одновременными, если они происходят при одинаковых показаниях синхронизированных часов. Два события, одновременные в одной инерциальной системе отсчета, не являются одновременными в другой инерциальной системе отсчета [1].

Постоянство скорости света – к 1907 г. были произведены эксперименты по измерению скорости света с точностью ± 30 км/с (что было больше орбитальной скорости Земли) не обнаружившие её изменения в ходе года. Это стало первым доказательством неизменности скорости света, которое впоследствии было подтверждено множеством других экспериментов, как экспериментаторами на земле, так и автоматическими аппаратами в космосе.

Принцип относительности определяет неизменность физических законов в любой точке пространства и в любой инерциальной системе отсчёта. То есть в независимости от того, движетесь ли вы со скоростью около 30 км/с по орбите Солнца вместе с Землёй или в космическом корабле далеко за её пределами, – ставя физический эксперимент, вы всегда будете приходить к одним и тем же результатам (если ваш корабль в это время не ускоряется или замедляется). Этот принцип подтверждался всеми экспериментами на Земле, и Эйнштейн разумно счёл этот принцип верным и для всей остальной Вселенной.

Путём расчётов на основе этих двух постулатов Эйнштейн пришёл к выводу, что время для движущегося в корабле наблюдателя должно замедляться с увеличением скорости, а сам он вместе с кораблём должен сокращаться в размерах в направлении движения (для того чтобы компенсировать тем самым эффекты от движения и соблюсти принцип относительности). Из условия конечности скорости для материального тела вытекало также, что правило сложения скоростей (имевшее в механике Ньютона простой арифметический вид) должно быть заменено более сложными преобразованиями Лоренца – в таком случае, даже если мы сложим две скорости в 99 % от скорости света мы получим 99,995 % от этой скорости, но не превысим её.

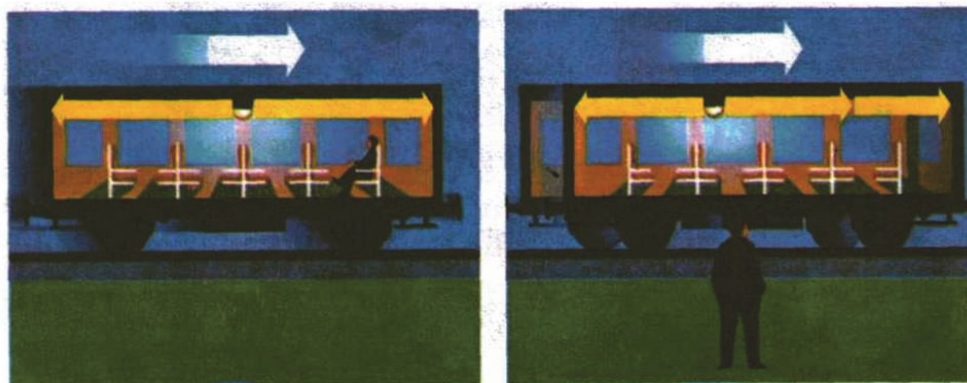
Преобразования, которые помогают рассчитывать координаты пространства и времени в специальной теории относительности называются преобразованиями Лоренца. Движение тела происходит в системах К, и К', скорость их движения – v, v' , а оси, вдоль которой они движутся – x, x' . В таком случае, используя преобразования Лоренца, преобразовать время из одной системы в другую можно по формуле

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где τ_0 – промежуток времени между двумя событиями, происходящими в одной точке инерциальной системы отсчета, τ – промежуток времени между этими же событиями в движущейся со скоростью v системе отсчета [2].

Из этого уравнения следует, что собственное время минимально (движущиеся часы идут медленнее покоящихся). Таким образом, вспышка на Земле будет казаться длиннее. Этот вывод имеет множество экспериментальных подтверждений. Так, нестабильные элементарные частицы – пионы, рождающиеся в верхних слоях атмосферы, на высоте 20-30 км при воздействии на них космических лучей, имеют собственное время жизни $\tau \sim 2 \cdot 10^{-6}$ с $S = c \cdot \tau = 600$ м. Но в результате того, что они двигаются с очень большими скоростями, сравнимыми со скоростью света, их время жизни увеличивается, и они до своего распада способны достигать поверхности Земли. Отсюда следует вывод, что у движущихся пионов секунды «длиннее» земных секунд [3].

Относительность одновременности (мысленный эксперимент Эйнштейна)



С точки зрения пассажира, свет достигает обеих стенок вагона одновременно

С точки зрения дежурного по станции, свет достигает передней стенки вагона позднее чем задней.

Рисунок 9 – Эксперимент с движущимся поездом

Следующий эксперимент был проведён им в 1905 г. и заключался в том, что на концах движущегося поезда находятся два импульсных источника света, которые зажигаются в одно время. Для стороннего наблюдателя, мимо которого проходит поезд, оба этих события происходят одновременно, однако для наблюдателя, находящегося в центре поезда эти события будут казаться произошедшими в разное время, так как вспышка света из начала вагона придёт раньше, чем из его конца (вследствие постоянности скорости света), см. рис 1.

Необходимо отметить, что световые сигналы, вообще говоря, не требуются при обосновании СТО. Фундаментальная константа, возникающая в преобразованиях Лоренца, имеет смысл предельной скорости движения материальных тел. Численно она совпадает со скоростью света, однако этот факт, согласно современной квантовой теории поля (уравнения которой изначально строятся как релятивистски инвариантные) связан с безмассовостью электромагнитного поля (фотона). Даже если бы фотон имел отличную от нуля массу, преобразования Лоренца от этого бы не изменились. Поэтому имеет смысл различать фундаментальную константу – скорости скорость света. Первая константа отражает общие свойства пространства и времени, тогда как вторая связана со свойствами конкретного взаимодействия [4].

Чтобы наглядно показать искажение времени воспользуемся иллюстрациями. Допустим имеются два наблюдателя, один неподвижный, другой летит на своем космическом корабле от него с некоторой скоростью (рис. 2).

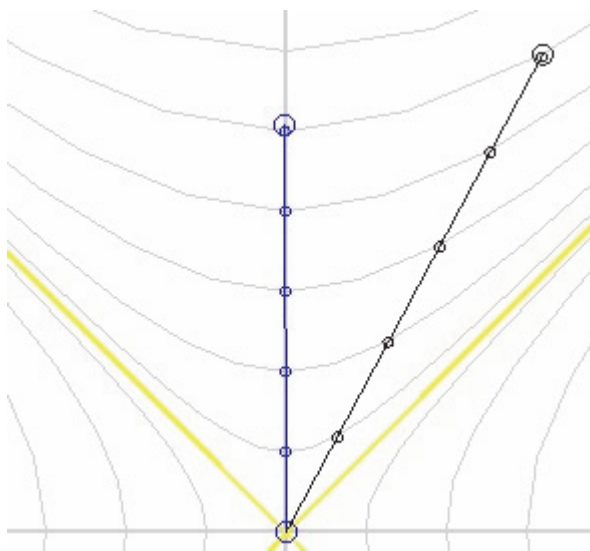


Рисунок 10 – Искажение времени в зависимости от скорости тела

Отметки на отрезке показывают, как идет время внутри объекта. Мы видим, что время неподвижного наблюдателя движется быстрее, чем у подвижного (один час у движущегося наблюдателя наступает позже, чем у неподвижного). Но точно такую же картину видит и второй наблюдатель (рис. 3).

Получается странная ситуация – два наблюдателя смотрят друг на друга, и они друг другу кажутся «заторможенными». Чтобы выяснить, кто же из них на самом деле «тормоз», второй наблюдатель разворачивает свой космический корабль и летит обратно.

Вместе они сверяют часы и выясняют, что у неподвижного наблюдателя прошло 5 единиц времени, а у подвижного – чуть больше 4. То есть наблюдатель, который «сделал крюк» в пространстве-времени, потратил меньше своего внутреннего времени, чем неподвижный наблюдатель.

Но то же самое, только с точностью до наоборот произошло бы, если бы первый наблюдатель полетел на встречу второму. Вывод: у неподвижного наблюдателя время всегда идет быстрее, чем у движущегося [5].

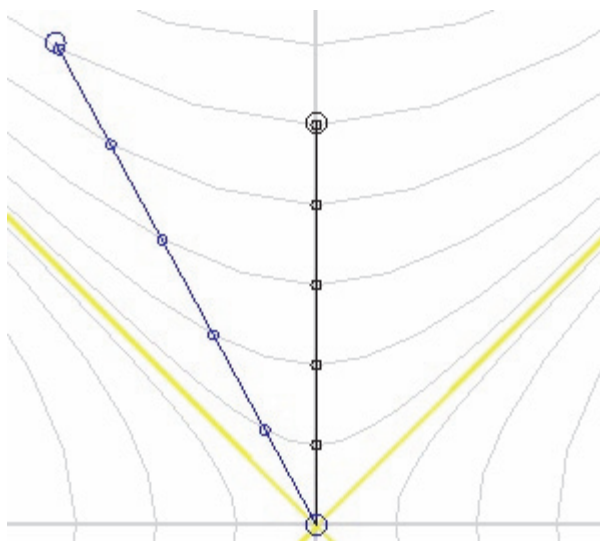


Рисунок 11 – Время неподвижного наблюдателя движется быстрее, чем у подвижного

Библиографический список

1. Fizi4ka. Основы специальной теории относительности [Электронный ресурс]. URL: <https://fizi4ka.ru/egje-2018-po-fizike/osnovy-specialnoj-teorii-otnositelnosti.html> (дата обращения: 17.03.2022).
2. Zaochnik. Принцип относительности одновременности [Электронный ресурс]. URL: <https://zaochnik.com/spravochnik/fizika/teorija-otnositelnosti/preobrazovanija-lorentsa/> (дата обращения: 17.03.2022).
3. Portal. Специальная теория относительности (СТО) [Электронный ресурс]. URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SMEKALINATV/academic/Tab6/СПЕЦИАЛЬНАЯ%20ТЕОРИЯ%20ОТНОСИТЕЛЬ.pdf> (дата обращения: 17.03.2022).
4. Spacegid. Специальная теория относительности [Электронный ресурс]. URL: https://spacegid.com/special_theory_of_relativity.html (дата обращения: 17.03.2022).
5. Habr. Теория относительности в картинках [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/169347/> (дата обращения: 17.03.2022).

Михаил Викторович Лебедев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНб-212, Россия, Владивосток, e-mail: gnot@inbox.ru

*Научный руководитель – Ирина Михайловна Слабженникова, канд. физ.-мат. наук,
доцент*

Исследование теплопроводности металлов через моделирование температурных полей движущихся источников.

Аннотация. Теплопроводность – это способность материальных тел проводить энергию (теплоту) от более нагретых частей тела к менее нагретым частям тела путём хаотического движения частиц тела, которую возможно исследовать экспериментальным путем с помощью моделирования распространения тепла в пластинах металла с помощью matlab.

Ключевые слова: теплопроводность, температурное поле, эксперимент, matlab, общая энергетика.

Mikhail V. Lebedev

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-212, Russia, Vladivostok, e-mail:
gnot@inbox.ru

Scientific adviser – Irina M. Slabzhennikova, PhD, Associate Professor

Simulation of the process of heat field through a metal plate

Abstract. Thermal conductivity is the ability of material bodies to conduct energy (heat) from more heated parts of the body to less heated parts of the body by the chaotic movement of body particles, which can be studied experimentally using modeling on specialized computer programs for a better understanding of the theoretical component.

Keywords: thermal conductivity, temperature field, experiment, matlab, general energy.

Изучение дисциплины «Общая энергетика» и других энергетических дисциплин ставит своей целью формирование знаний об источниках энергоресурсов, методах их преобразования в тепловую, механическую и электрическую энергию.

Практические занятия являются одной из главных форм работы студентов на начальных курсах, которые помогают достичь цели, изучаемые в курсе «Общая энергетика» и энергетических дисциплин в целом. Чтобы понять, как происходят процессы на практике, студентам необходимо знать соответствующую теорию.

Теплопроводность – способность материальных тел к переносу энергии (теплообмену) от более нагретых частей тела к менее нагретым телам, осуществляемому хаотически движущимися частицами тела (атомами, молекулами, электронами и т.п.). Такой теплообмен может происходить в любых телах с неоднородным распределением температур, но механизм переноса теплоты будет зависеть от агрегатного состояния вещества.

Теплопроводностью называется также количественная характеристика способности тела проводить тепло. В сравнении тепловых цепей с электрическими, это аналог проводимости.

Количественно способность вещества проводить тепло характеризуется коэффициентом теплопроводности. Эта характеристика равна количеству теплоты, проходящему через однородный образец материала единичной длины и единичной площади за единицу времени при единичной разнице температур (1 К). В системе СИ единицей измерения коэффициента теплопроводности является Вт/(м·К) [1]. В установившемся режиме плотность потока энергии, передающейся посредством теплопроводности, пропорциональна градиенту температуры

$$\vec{q} = -\chi \text{grad}(T),$$

где \vec{q} – вектор плотности теплового потока – количество энергии, проходящей в единицу времени через единицу площади, перпендикулярной каждой оси; χ – коэффициент теплопроводности (удельная теплопроводность); T – температура.

Минус в правой части показывает, что тепловой поток направлен противоположно вектору $\text{grad}(T)$, т.е. в сторону скорейшего убывания температуры. Это выражение известно как закон теплопроводности Фурье.

В интегральной форме в случае стационарного потока тепла от одной грани параллелепипеда к другой это выражение запишется в виде

$$P = -\frac{\chi S \Delta T}{l},$$

где P – полная мощность тепловых потерь; S – площадь сечения параллелепипеда; ΔT – перепад температур граней; l – длина параллелепипеда, т.е. расстояние между гранями [2].

Пластина характеризуется двумерным (плоским) температурным полем $T=T(x, y, t)$. Геометрически это пространство, ограниченное двумя параллельными плоскостями, в направлении нормали к которым внутри тела теплопроводность отсутствует, то есть температуры точек по толщине пластины одинаковы

Температурное поле линейного источника, движущего в пластине со скоростью v при наличии теплообмена с окружающей средой с коэффициентом теплоотдачи b можно рассчитать по формуле

$$T(x, r) = \frac{q}{2\pi\lambda s} \exp\left(-\frac{vx}{2a}\right) K_0\left(\frac{vr}{2a} \sqrt{1 + \frac{4ab}{v^2}}\right),$$

где K_0 – функция Бесселя первого рода нулевого порядка [3].

Автором были проведены исследования с помощью программы sloupr и определены распределения температур в пластинах одинаковых размеров и при одинаковом нагреве, изготовленных из разных материалов.

Выполнена корректировка программы sloupr, таким образом, чтобы её исходные данные соответствовали образцу из низкоуглеродистой стали. Для этого введен коэффициент теплопроводности lam (λ), для низкоуглеродистой стали $\text{lam}=0.52$ Вт/(см·К).

Далее для построения температурного поля в зависимости от массива температур (рис. 1-4) и температурного поля в плоскости xoy в командном окне вводились следующие исходные данные:

```
>> x=[1.5:-0.01:-10]; /*значение координаты x (см)*/
>> y=[-4:0.01:4]; /*значение координаты y (см)*/
>> del=0.5 /*толщина слоя (см)*/
>> z=[0:0.01:del]; /*значение координаты z (см)*/
```

```

>> vp=[1480 1100 850 710]; % /*задание значений температур изолиний*/
>> v=1 /*источника в см/с*/
>> [T,ума]=sloyp; /*вызов функции*/
>> shading interp /*устанавливает раскраску каждой ячейки или грани цветами*/
>> axis equal /*устанавливает масштаб, который обеспечивает одинаковые расстояния
между метками по осям*/
>> contour(x,z,T,vp) /*построение изолиний в плоскости xz*/
>> grid /*нанесение координатной сетки*/

```

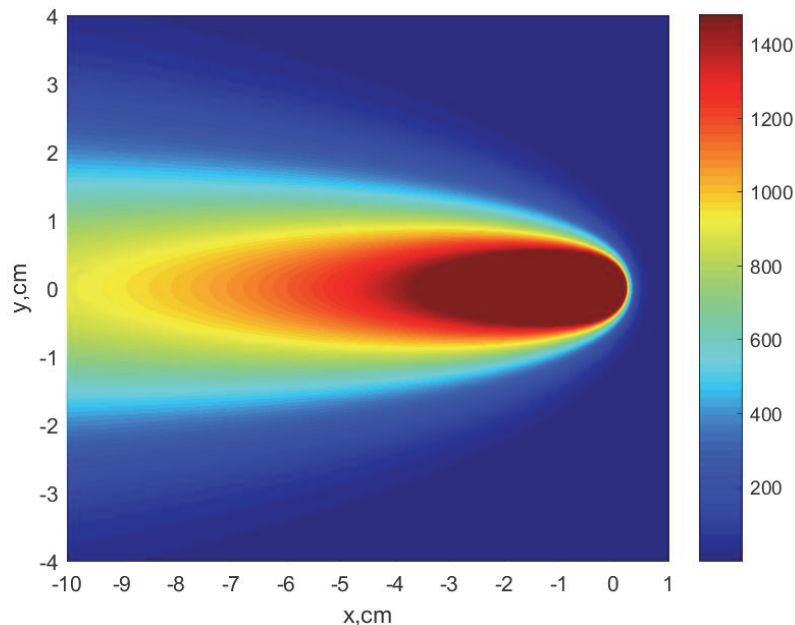


Рисунок 1 – Температурное поле в предельном состоянии движущегося со скоростью $v=1$ (см/с) по поверхности плоского слоя толщиной $\delta=0.5$ (см) точечного источника мощностью $q=15300$ (Вт).
Материал – низкоуглеродистая сталь 15ГС в плоскости xOy , коэффициент теплопроводности – $0.52 \text{ Вт}/(\text{см}\cdot\text{K})$

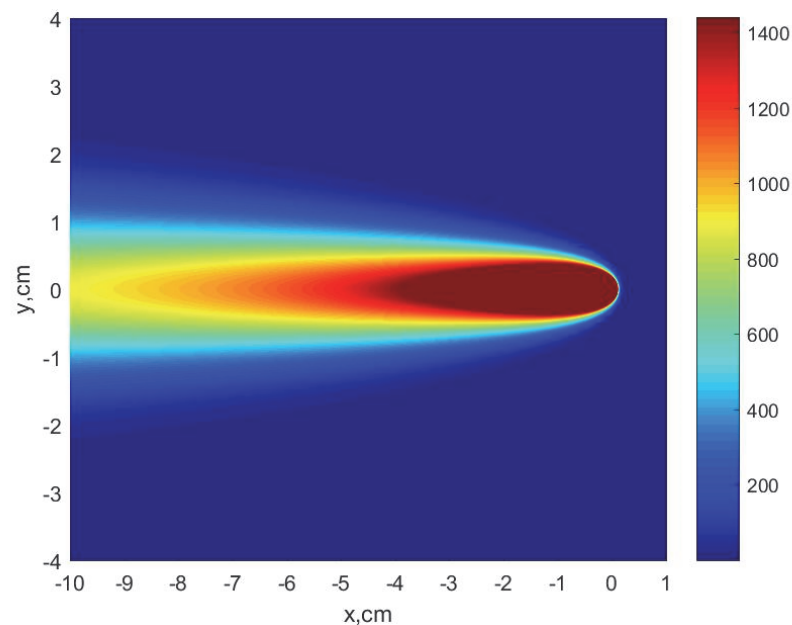


Рисунок 2 – Температурное поле в предельном состоянии движущегося со скоростью $v=1$ (см/с) по поверхности плоского слоя толщиной $\delta=0.5$ (см) точечного источника мощностью $q=15300$ (Вт).
Материал – низкоуглеродистая высоколегированная коррозионно-стойкая жаропрочная 08X13 в плоскости xOy , коэффициент теплопроводности – $0.28 \text{ Вт}/(\text{см}\cdot\text{K})$

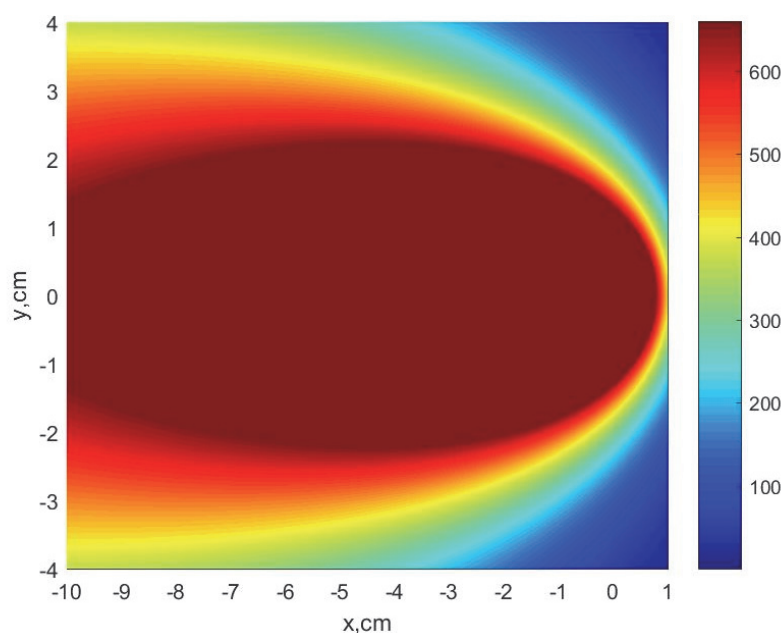


Рисунок 3 – Температурное поле в предельном состоянии движущегося со скоростью $v=1$ (см/с) по поверхности плоского слоя толщиной $\delta=0.5$ (см) точечного источника мощностью $q=15300$ (Вт).
Материал – алюминиевый сплав марки АД33 в плоскости xOy , коэффициент теплопроводности – $1.51 \text{ Вт}/(\text{см}\cdot\text{K})$

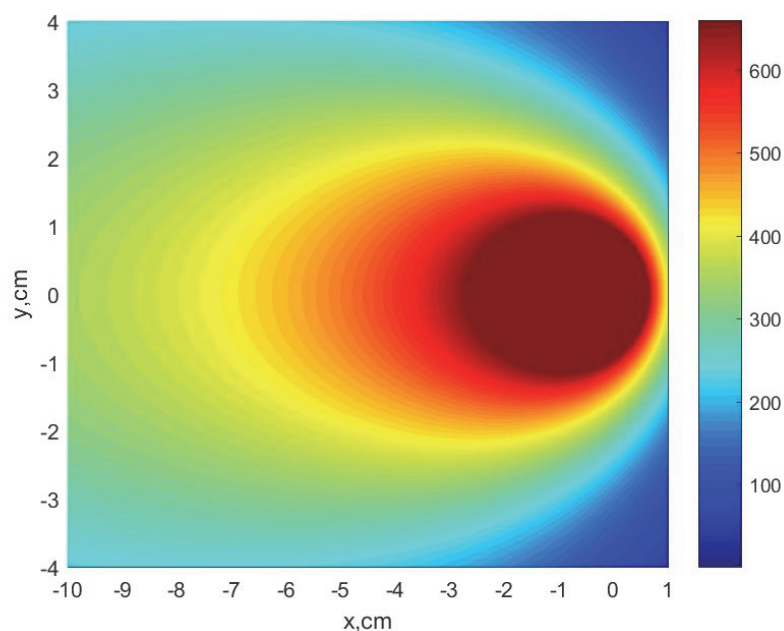


Рисунок 4 – Температурное поле в предельном состоянии движущегося со скоростью $v=1$ (см/с) по поверхности плоского слоя толщиной $\delta=0.5$ (см) точечного источника мощностью $q=15300$ (Вт).
Материал – медный сплав марки М3 в плоскости xOy , коэффициент теплопроводности – $3.87 \text{ Вт}/(\text{см}\cdot\text{K})$

В ходе данной работы были рассмотрены зона термического влияния материала низкоуглеродистой стали 15 гс при сварке в среде Matlab при помощи программ sloypg и sloytc. Были рассчитаны температурные поля низкоуглеродистой стали 15 гс, стали коррозионно-стойкой жаропрочной 08X13, алюминиевого сплава АД33, медного сплава М3. Показано, что у металлов с большей теплопроводностью прогрев произошёл по большей площади за одинаковое время воздействия. Разница в прогреве обусловлена различной теплоёмкостью металлов.

Библиографический список

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Академия, 2012. 558 с.
2. Теплопроводность [Электронный ресурс]. Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C> (дата обращения: 20.04.2021).
3. Негода Е.Н. Тепловые процессы при сварке. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. 125 с.

Никита Александрович Нелюбин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ТОБ-112, Россия, Владивосток, e-mail: nikmat28072003@mail.ru

Научный руководитель – Ольга Федоровна Лапаник, канд. пед. наук, доцент

Электростатический реактивный двигатель

Аннотация. Описано строение электростатического реактивного двигателя.

Ключевые слова: электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ), системы хранения и подачи рабочего тела (СХиП), срок активного существования (САС).

Nikita A. Nelyubin

Far Eastern State Technical Fishery University, TOb-112, Russia, Vladivostok, e-mail:
nikmat28072003@mail.ru

Scientific adviser – Olga F. Lapanik, PhD, Associate Professor

Electrostatic jet engine

Abstract. This paper describes the structure of an electrostatic jet engine.

Keywords: electric rocket propulsion system (EPP), working fluid storage and supply systems (SHiP), active lifetime (SAS).

Электростатический ракетный двигатель (ЭРД) – ракетный двигатель, принцип работы которого основан на преобразовании электрической энергии в кинетическую энергию частиц [1]. Также встречаются названия, включающие слова *реактивный* и *двигатель*.

Комплекс, состоящий из набора ЭРД, системы хранения и подачи рабочего тела (СХиП), системы автоматического управления (САУ), системы электропитания (СЭП), называется электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ).

Идея использовать для ускорения рабочего тела (РТ) в реактивных двигателях электрическую энергию возникла практически в начале развития ракетной техники. Известно, что такую идею высказывал К.Э. Циолковский. В 1916-1917 гг. Р. Годдард провёл первые эксперименты, а в 30-х гг. XX в. в СССР под руководством В.П. Глушко был создан один из первых действующих ЭРД.

С самого начала предполагалось, что разнесение источника энергии и ускоряемого вещества позволит обеспечить высокую скорость истечения РТ, а также и меньшую массу космического аппарата (КА) за счёт снижения массы хранимого рабочего тела. Действительно, в сравнении с другими ракетными двигателями ЭРД позволяют значительно увеличить срок активного существования (САС) КА, существенно при этом снизив массу двигательной установки (ДУ), что соответственно позволяет увеличить полезную нагрузку, либо улучшить массогабаритные характеристики самого КА.

Расчёты показывают, что использование ЭРД позволит сократить длительность полёта к дальним планетам (в некоторых случаях даже сделать такие полёты возможными) или, при той же длительности полёта, увеличить полезную нагрузку. Начиная с середины 1960-

х гг. в СССР и в США начались натурные испытания ЭРД, а в начале 1970-х гг. ЭРД стали использоваться как штатные ДУ. В настоящее время ЭРД широко используются как в ДУ спутников Земли, так и в ДУ межпланетных КА.

Классификация ЭРД не устоялась, однако в русскоязычной литературе обычно принято классифицировать ЭРД по **преобладающему** механизму ускорения частиц. Различают следующие типы двигателей (рисунок):

- электротермические ракетные двигатели (ЭТД);
- электростатические двигатели (ИД, СПД);
- сильноточные (электромагнитные, магнитодинамические) двигатели;
- импульсные двигатели.



Блок-схема: типы электроракетных двигателей

ЭРД характеризуются малым массовым расходом РТ и высокой скоростью истечения ускоренного потока частиц. Нижняя граница скорости истечения примерно совпадает с верхней границей скорости истечения струи химического двигателя и составляет около 3000 м/с. Верхняя граница теоретически не ограничена (в пределах скорости света), однако для перспективных моделей двигателей рассматривается скорость, не превышающая 200000 м/с. В настоящее время для двигателей различных типов оптимальной считается скорость истечения от 16000 до 60000 м/с [2].

В связи с тем, что процесс ускорения в ЭРД проходит при низком давлении в ускорительном канале (концентрация частиц не превышает 10^{20} частиц/м³), плотность тяги довольно мала, что ограничивает применение ЭРД: внешнее давление не должно превышать давление в ускорительном канале, а ускорение КА очень мало (десятые или даже сотые *g*). Исключением из этого правила могут быть ЭДД на малых КА.

Электрическая мощность ЭРД колеблется от сотен ватт до мегаватт. Применяемые в настоящее время на КА ЭРД имеют мощность от 800 до 2000 Вт. ЭРД характеризуются не очень высоким КПД – от 30 до 60 %.

В настоящее время многими странами исследуются вопросы создания пилотируемых межпланетных кораблей с ЭРДУ. Существующие ЭРД не являются оптимальными для использования в качестве маршевых двигателей для таких кораблей, в связи с чем в ближайшем будущем следует ожидать возобновления интереса к разработке сильноточных ЭРД на жидкометаллическом РТ (висмут, литий, калий, цезий) с электрической мощностью до 1 МВт, способных длительно работать при токах силой до 5-10 кА. Эти РД должны развивать тягу до 20-30 Н и удельный импульс 20-30 км/с при КПД 30 % и более. В 1975 г. по-

добный РД испытан в СССР на ИСЗ «Космос-728» (РД электрической мощностью 3 кВт, работающий на калии, развил удельный импульс ~ 30 км/с).

Кроме России и США исследованиями и разработкой ЭРД занимаются также в Великобритании, ФРГ, Франции, Японии, Италии. Основные направления деятельности этих стран: ИД (наиболее успешны разработки Великобритании и Германии, особенно – совместные); СПД и ДАС (Япония, Франция); ЭТД (Франция). В основном эти двигатели предназначены для ИСЗ.

Библиографический список

1. <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload.wikimedia.org>.
2. <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fcarscomfort.ru>

Дмитрий Сергеевич Хиврич

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНБ-112, Россия, Владивосток, e-mail: khivrichd@yandex.ru

Научный руководитель – Лилия Владимировна Кучеренко, доктор техн. наук, профессор

Методы диагностики электросетевого оборудования

Аннотация. Рассмотрены основные понятия диагностики электросетевого оборудования. Выявлены условия плановой и внеплановой диагностики оборудования. Приведены методы неразрушающего контроля материалов: магнитный, тепловой, акустический, вихретоковый и оптический.

Ключевые слова: диагностика, оборудование, методы контроля, магнитный, тепловой, акустический, вихретоковый, оптический.

Dmitriy S. Khivrich

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-112, Russia, Vladivostok, e-mail: khivrichd @yandex.ru

Scientific adviser – Liliya V. Kucherenko, Doctor of Technical Sciences, Professor

Methods for diagnosing power grid equipment

Abstract. The paper considers the basic concepts of diagnostics of power grid equipment. The conditions for planned and unscheduled equipment diagnostics are revealed. The methods of non-destructive testing of materials are given: magnetic, thermal, acoustic, eddy current and optical.

Keywords: diagnostics, equipment, control methods, magnetic, thermal, acoustic, eddy current, optical.

Экономическое состояние энергетики вынуждает принимать меры по увеличению сроков эксплуатации различного электротехнического оборудования. В этом может помочь мониторинг и диагностика оборудования.

Цель диагностики заключается в своевременном определении ухудшения состояния оборудования и снижения риска возникновения аварии. В зависимости от типа контролируемого оборудования и его роли может быть применена соответствующая по своим функциональным возможностям система диагностики.

Электросетевое оборудование подвержено комплексному воздействию сильных электрических, электромагнитных и тепловых полей. В связи с этим электрооборудование подвержено риску образования дефектов, неисправностей и отказов. Для оборудования применяется контроль оборудования в виде системы диагностики [1-3].

Основными задачами технической диагностики являются:

- определение технического состояния электрооборудования в условиях эксплуатации;
- выявление вида и степени опасности дефекта на раннем этапе его развития;
- определение необходимости и объема ремонта;
- прогнозирование срока службы оборудования.

Плановая диагностика проводится в соответствии с действующими нормами и правилами. При плановых проверках контролируются параметры, характеризующие техническое состояние агрегата, позволяющие определить остаточный ресурс узлов и деталей, ограничивающих возможность дальнейшей эксплуатации оборудования. Внеплановая техническая диагностика оборудования проводится в случае обнаружения нарушений его технического состояния.

Различаются четыре возможных состояния оборудования:

- исправное;
- работоспособное;
- неработоспособное;
- предельное.

Техническое состояние любого объекта можно установить при разовом и многократном диагностировании. При разовом диагностировании высоковольтного оборудования, состоящего из множества элементов, вероятность объективной оценки технического состояния незначительна.

Все методы диагностирования электрооборудования можно разделить на две группы - методы неразрушающего и разрушающего контроля.

Методы неразрушающего контроля не требуют разрушения образцов материала [4]. В основе методов неразрушающего контроля лежат законы физики и их практическое применение.

Рассмотрим несколько основных методов неразрушающего контроля, наиболее часто применяемых для электротехнического оборудования.

Магнитный метод.

Магнитный метод контроля основан на регистрации деформации формы силовых линий магнитных полей, возникающих над дефектами. Магнитопорошковая дефектоскопия – метод для обнаружения и локализации поверхностных и подповерхностных дефектов ферромагнитных материалов.

Тепловой метод.

Тепловой метод основан на регистрации изменения температуры при эксплуатации оборудования. Диагностика осуществляется методом оптической пирометрии. Оценка температуры производится по длине волны излучения. Основным достоинством тепловизионного обследования является получение данных о неисправности без отключения оборудования дистанционно. На эффективность метода может влиять ряд факторов: понижение температуры объекта из-за ветра и осадков, повышение температуры за счет нагрева солнцем.

Акустический метод.

Акустический метод регистрирует упругие колебания, распространяющиеся при деформации твердого материала, находящегося в состоянии напряжения. Контроль объекта может проводиться только под нагрузкой. Юнископ – прибор способный измерять акустическо-эмиссионные колебания. Преимущества этого метода заключается в возможности проводить проверку дистанционно, снимать показания постоянно в режиме онлайн. Метод отличается высокой чувствительностью и универсальностью.

Вихретоковый метод.

Вихретоковый метод основан на анализе электромагнитного поля вихревых токов, так называемых токами Фуко, наведенных в объекте контроля при помощи преобразователя. Вихретоковый преобразователь представляет собой устройство с одной или несколькими индуктивными катушками, в которых возбуждают вихревые токи. Электромагнитное поле, зависящее от свойств исследуемого объекта, преобразуется в сигнал для передачи на электронный блок дефектоскопа.

Оптический метод.

Визуально-оптический контроль предназначен для обнаружения поверхностных дефектов: трещин, разрыва, остаточных деформаций. Использование эндоскопов дает воз-

возможность исследовать состояние и структуру поверхности подвижных деталей при увеличении. Эндоскоп состоит из зонда, с помощью которого можно проникать внутрь объекта, и экрана для визуального наблюдения. Можно производить видеозапись исследуемой поверхности объекта. Выбор метода неразрушающего контроля зависит от свойств объекта или его узлов.

Библиографический список

1. Никитенко В.В. Диагностика электроэнергетического оборудования: учеб. пособие. 2019. 146 с.
2. Вдовико В.П. Методология системы диагностики электрооборудования высокого напряжения // Электричество. 2010. № 2. С. 14–20.
3. Михеев Г.М. Электростанции и электрические сети // Диагностика и контроль электрооборудования. 2010. 224 с.
4. Клюев, В.В. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / В.В. Клюев, Соснин Ф.Р., Филинов В.Н. и др. М.: Машиностроение, 2003. 657 с.

Роман Станиславович Черных

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭНб-112, Россия, Владивосток, e-mail: nulk011103@gmail.com

Научный руководитель – Лилия Владимировна Кучеренко, доктор техн. наук, профессор

Гармонизация системы учета электроэнергии

Аннотация. Рассмотрены проблемы внедрения современных систем учета электрической энергии. Сделано сравнение российских и международных требований к нормам качества электроэнергии. Определены пути снижения стоимости приборов систем учета электроэнергии.

Ключевые слова: электрическая энергия, системы учета, качество электроэнергии, стоимость приборов.

Roman S. Chernykh

Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-112, Russia, Vladivostok, e-mail: nulk011103@gmail.com

Scientific adviser – Liliya V. Kucherenko, Doctor of Technical Sciences, Professor

Harmonization of the electricity metering system

Abstract. The paper considers the problems of introducing modern electric energy metering systems. A comparison of Russian and international requirements for power quality standards is made. Ways to reduce the cost of devices for electricity metering systems are determined.

Keywords: electrical energy, metering systems, power quality, cost of devices.

Широкое внедрение систем учета электроэнергии позволяет как энергокомпаниям, так и абоненту получать полную информацию о генерации, транспортировке, потреблении и качестве электроэнергии.

Учетные данные должны использоваться для оптимизации потребления с целью снижения доли энергозатрат в себестоимости выпускаемой продукции. Закон № 522-ФЗ [1] ставит перед энергокомпаниями задачу установки приборов и систем учета за счет собственных средств. Примеры последних лет показывают разумное смягчение технических и метрологических требований:

- снижение класса точности для оптических трансформаторов с 0,1 до 0,2%;
- увеличение интервала между поверками для всех измерительных трансформаторов с 4 до 16 лет, для счетчиков – с 2 до 8 лет.

Приведения российских ГОСТов в соответствие со стандартами Международной электротехнической комиссии не всегда соответствует интересам энергетики и экономики России. Негативное воздействие гармонизация системы учета электроэнергии оказала на сферу измерения и анализа показателей качества электроэнергии. Сегодня согласно ГОСТу [2] выполняется мониторинг, для чего в состав систем учета нередко включают недешевые счетчики-измерители. Возврат к экономически обоснованным требованиям прежнего ГОСТа [3], но с сохранением полезных новаций даст хороший экономический эффект. Для

примера: счетчик-измеритель «Ресурс Е4» на порядок превосходил лучший классический счетчик «Альфа А1800» по функциональности, а дороже был всего на 15%. Сегодня же цены на подобные приборы отличаются уже в разы.

Гармонизация допускает ужесточение национальных норм по сравнению с международными, и ряд российских требований к ПКЭ в процентах жестче, а для активно-реактивного счетчика наши нормы выше в разы. Ослабление требований [4] по измерению реактивной энергии до 2-3 % снизит стоимость производства счетчиков. В законе о единстве измерений [5] заявленная точность нужна тогда, когда используются измерения в процессе купли-продажи.

Резистор в цепи между измерительным трансформатором (ИТ) и электронным счетчиком повышает нагруженность трансформатора, что позволяет сохранить на его выходе заявленную точность измерения. Разработчики таких счетчиков стремятся минимизировать их собственное потребление, забывая, что недогруженность измерительного трансформатора увеличивает погрешность в измерительном канале. Отказ от догрузочного резистора при увеличении собственного потребления счетчика – еще один способ снижения расходов. Сейчас в ГОСТе [6] указан только верхний предел потребления счетчика. В описаниях типа счетчика указывается значение потребления 2,5 мВ·А, тогда как в описаниях типа ИТ для обмоток коммерческого учета значение нагрузки 1 В·А указано как минимальное. Это требование нужно внести как ограничение снизу, тогда необходимость в догрузочном резисторе отпадет.

Одно из направлений экономии – это увеличение периодичности ревизии в измерительном канале. Ревизия позволяет оценить снижение точности ИК из-за увеличения электрического сопротивления в соединительных проводах и является трудоемким и затратным процессом. Как известно, ухудшение проводимости происходит из-за окисления в местах соединения. Решение этой проблемы в замене обычного крепежа на позолоченный или посеребренный. Он меньше подвержен окислению, а значит, проводимость не изменится, а погрешность в ИК не возрастет. Саму ревизию можно будет делать реже.

Сегодня срок службы счетчиков составляет 30 лет, хотя через 20 лет найти замену сгоревшему процессору счетчика будет невозможно. Разумнее изменить норматив, уменьшив срок службы до 16 лет. Это упростит требования к конструкции и соответственно снизит стоимость прибора.

Подавляющее большинство устройств сбора и передачи данных ничего не измеряют, кроме времени, но каждые 6 лет должны проходить поверку. Современные счетчики с многоядерными процессорами, колоссальными вычислительными возможностями и объемами памяти задачи хранения и обмена данными решают самостоятельно. Таким счетчикам не требуется промежуточный сервер на подстанции: они сами обрабатывают всю поступающую информацию, представляют ее в графическом виде, удобном для пользователя, сохраняют результаты во встроенных системах управления базами данных [7].

Надежность сохранения учетных данных на подстанции будет более высокой за счет перераспределения этих данных между всеми счетчиками, поэтому промежуточный уровень, решающий задачи обработки, хранения и обмена данными, не нужен. В области учета электрической энергии в бытовом секторе развитие облачных технологий значительно обогнало процесс автоматизации: не сервер обращается к счетчику, а абонент из личного кабинета передает показания со счетчика на сервер. По этим данным выставляются счета. В бытовом секторе уже не требуются классические системы коммерческого учета.

Заключение

Организационные, технические и метрологические требования к средствам измерения должны быть экономически оправданы и направлены на повышение эффективности народного хозяйства страны.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 27.12.2018 N 522-ФЗ. О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в РФ // Российская газета. 2018. 29 декабря.
2. ГОСТ 33073-2014. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль и мониторинг качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения (с поправкой) // Общероссийская классификация стандартов. 2015. 1 января.
3. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: Межгосударственный стандарт // Общероссийская классификация стандартов. 1999. 1 января.
4. ГОСТ 31819.23-2012 (IEC 62053-23:2003). Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Ч. 23. Статические счетчики реактивной энергии // Общероссийская классификация стандартов. 2014. 1 января.
5. Федеральный закон № 102-ФЗ. Об обеспечении единства измерений от 26 июня 2008 // Российская газета.
6. ГОСТ 31819.22-2012 (IEC 62053-22:2003). Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Ч. 22. Статические счетчики активной энергии классов точности 0,2S и 0,5S. // Общероссийская классификация стандартов. 2014. 1 января.
7. Могиленко А.В. Эффект от внедрения интеллектуального учета электрической энергии. // Новости электротехники. 2021. № 2(128), 3(129). С. 78–83.

Секция 5. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС И ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.43

Максим Сергеевич Владимиров

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. УТб-212, Россия, Владивосток, e-mail: maxvlad2002@gmail.com

Научный руководитель – Татьяна Евгеньевна Коршунова, канд. техн. наук, доцент

Эффективность и перспективы развития топливной системы двигателей внутреннего сгорания

Аннотация. Проведен анализ различных систем впрыска топлива двигателей внутреннего сгорания и главной их составляющей – различных видов форсунок. Рассмотрены особенности, достоинства, недостатки и перспективы развития инжекторов¹.

Ключевые слова: двигатели внутреннего сгорания, топливные системы, форсунки.

Maxim S. Vladimirov

Far Eastern State Technical Fisheries University, UTb-212, Russia, Vladivostok, e-mail:
maxvlad2002@gmail.com

Scientific adviser – Tatiana E. Korshunova, PhD, Associate Professor

Efficiency and prospects of development of fuel system Internal combustion engines

Abstract. The analysis of various systems of injection of fuel of internal combustion engines and their main component - various kinds of atomizers is carried out. Features, advantages, lacks and prospects of development of injectors are considered.

Keywords: internal combustion engines, fuel systems, atomizers.

Большая доля автомобильного транспорта перемещается с использованием двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Движение же поршня двигателя осуществляется под действием детонации топливно-воздушной смеси в камере сгорания мотора. Не так давно (еще в XX в.) за процесс образования горючей смеси отвечал карбюратор, но с развитием технологий на смену ему пришла намного более экономичная и практичная инжекторная топливная система.

Подача топлива – сложный процесс. Оно должно поступать строго дозированно, чтобы горючая смесь излишне не обогащалась (топлива не должно поступать больше, чем может сгореть с данным количеством воздуха) и не обеднялась (воздуха не должно быть больше, чем требуется для сгорания поступающего объема топлива).

¹ Понятие инжектора (англ. injector) применяется как к системе впрыска топлива в целом, так и к одиночной форсунке.

Количество горючей смеси зависит от целого ряда факторов: октанового числа топлива, способа распыления топлива, положения педали газа, в какой момент движения поршня двигателя происходит подача смеси и др. На современном этапе развития технологий эффективность реализации процесса достигается применением более совершенной инжекторной системы подачи топлива вместо топливной системы с карбюратором.

Инжекторная система в отличие от карбюраторной обеспечивает значительно более точное (дозированное) регулирование впрыска топлива с помощью электронной системы управления, в результате чего снижается расход топлива, увеличивается мощность двигателя, уменьшается количество вредных соединений в выхлопных газах за счет лучшего сгорания топливной смеси.

При инжекторной системе подача топлива осуществляется посредством принудительного впрыска топлива во впускной коллектор или в цилиндр поршневого ДВС с помощью форсунок. Форсунка является важным элементом системы впрыска, задача которой состоит в распылении топлива в мелкую взвесь.

В зависимости от количества форсунок и места подачи топлива системы впрыска подразделяются на три типа: одноточечный или моновпрыск с одной форсункой во впускном коллекторе на все цилиндры, многоточечный или распределенный (у каждого цилиндра своя форсунка, которая подает топливо в коллектор) и непосредственный (прямой) впрыск (топливо подается форсунками непосредственно в цилиндры).

При моновпрыске забор воздуха осуществляется под контролем датчика расхода воздуха, на основании показаний которого на форсунку подается необходимое количество топлива (рис. 1). Топливо из впускного коллектора распределялось во все цилиндры.

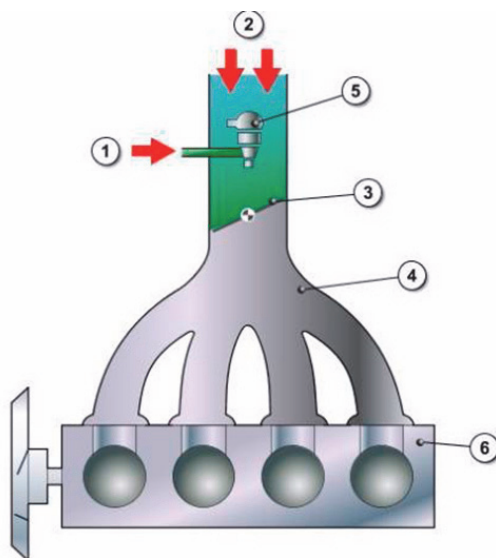


Рисунок 1 – Система моновпрыска [1]: 1 – подача топлива; 2 – подача воздуха; 3 – дроссельная заслонка; 4 – впускной коллектор; 5 – форсунка; 6 – головка блока цилиндров

На сегодняшний день автомобили с системой моновпрыска, как и с карбюратором, не производятся, хотя до сих пор довольно успешно используются. На смену им пришла относительно новая система распределенного впрыска топлива, где на каждый цилиндр установлена отдельная форсунка (рис. 2). Такая система позволяет осуществлять более точную подачу топлива по фазе рабочего процесса, обеспечивает лучшее приготовление топливно-воздушной смеси и, соответственно, лучшее сгорание топлива. Вместе с тем для системы распределенного впрыска присущи и недостатки: необходимость использования множества дорогостоящих элементов, некоторые из них неремонтопригодны, часто закоксовывается впускной клапан, дроссельной заслонкой регулируется только количество воздуха.

Более совершенной является система непосредственного (прямого) впрыска топлива, при которой форсунки установлены не во впускном коллекторе, а непосредственно в каме-

ре сгорания двигателя, где происходит образование топливно-воздушной смеси (рис. 3). Такая система позволяет снизить расход топлива на 10–20 %, увеличить мощность двигателя приблизительно на 5 % и повысить экологичность автомобиля. Однако преимущества системы достигаются только при использовании более дорогостоящего топлива высокой чистоты.

По конструктивному устройству и способу управления форсунки систем подачи топлива подразделяются на механические, электромагнитные, электрогидравлические, пьезоэлектрические, форсунки высокого давления и др., выбор которых в первую очередь зависит от способа осуществления впрыска в двигателе.

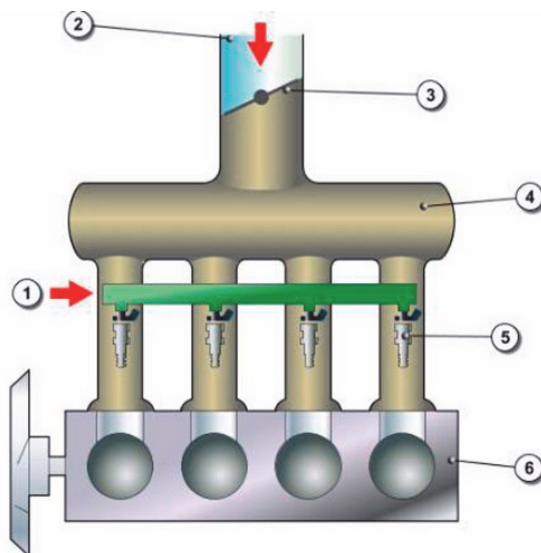


Рисунок 2 – Система распределенного впрыска [1]: 1 – подача топлива; 2 – подача воздуха; 3 – дроссельная заслонка; 4 – впускной коллектор; 5 – форсунки; 6 – головка блока цилиндров



Рисунок 3 – Устройство непосредственного впрыска топлива [2]

Механические форсунки относятся к наиболее ранним разработкам и отличаются не-большой надежностью (рис. 4). Форсунка начинает свою работу под действием давления топлива. Поступая под давлением в канал подачи, топливо сталкивается с выступом на запорной игле и, преодолевая сопротивление пружины, поднимает иглу, отверстия распылителя открываются, и происходит впрыск топлива. Сопло форсунки перекрывается в момент, когда нет давления от топливного насоса. Длительность распыления топлива определяется пружиной, поэтому установка таких форсунок оправдана лишь в автомобилях, не оснащенных электронными блоками управления и контроля, и в современных системах впрыска, как правило, не используется.

Электромагнитные форсунки достаточно просты в своем устройстве и нашли свое применение в бензиновых двигателях с непосредственным впрыском топлива (рис. 5). Управление форсункой происходит с помощью электронного блока управления (ЭБУ), который полностью контролирует дозировку топлива. В нужный момент времени ЭБУ подает напряжение на обмотку возбуждения клапана и посредством образовавшегося электромагнитного поля якорь электромагнита начинает втягиваться против давления пружины, вследствие чего сопло форсунки освобождается и происходит подача топлива. Но именно пружина является слабым местом для данного типа форсунок. Применяются электромагнитные форсунки в системах питания с моновпрыском и распределенным впрыском.

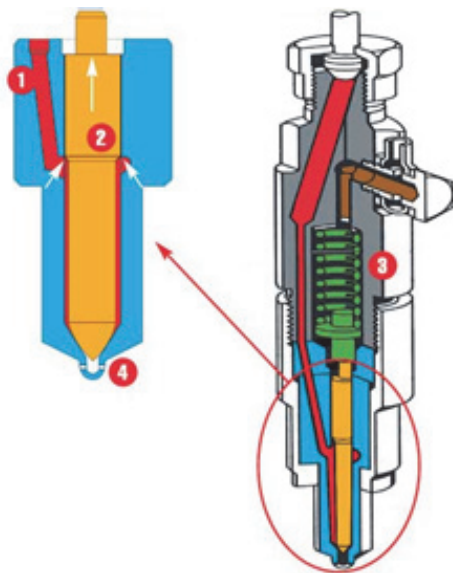


Рисунок 4 – Устройство механической форсунки [3]: 1 – канал подачи топлива; 2 – запорная игла; 3 – пружина; 4 – отверстия распылителя

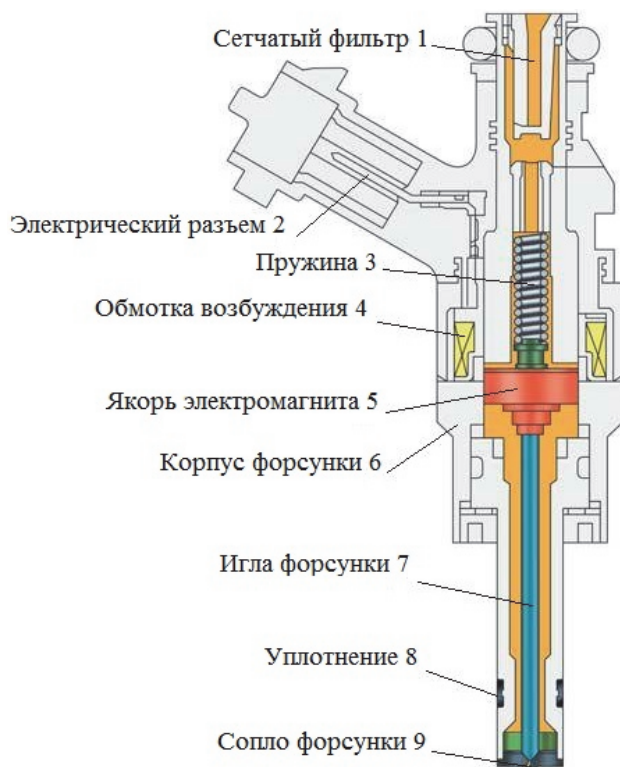


Рисунок 5 – Устройство электромагнитной форсунки [5]

Работа электрогидравлической форсунки основана на использовании давления топлива при впрыске (рис. 6). В обычном положении электромагнитный клапан закрыт и игла форсунки прижата к седлу силой давления топлива на поршень в камере управления. При этом давление топлива на иглу меньше давления на поршень, благодаря чему впрыск топлива не происходит. Когда от ЭБУ приходит команда на электромагнитный клапан, открывается дроссель в сливной канал и топливо поступает из камеры управления через сливной дроссель в сливную магистраль. Впускной дроссель препятствует выравниванию давления в камере управления и впускной магистрали. В итоге давление на поршень становится меньше, а давление топлива на иглу форсунки не изменяется. Игла форсунки поднимается, и происходит впрыск топлива [4]. Электрогидравлические форсунки применяются на дизельных двигателях с системой распределенного впрыска топлива, довольно надежны и относительно просты конструктивно.

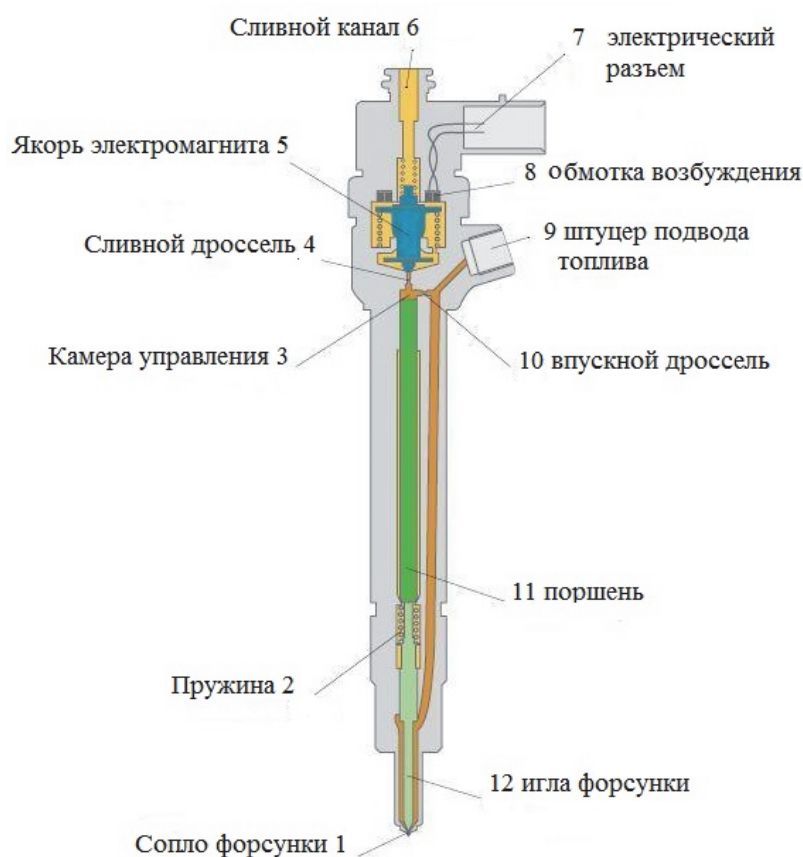


Рисунок 6 – Устройство электрогидравлической форсунки [5]

Пьезоэлектрические форсунки используются на дизельных двигателях с системой впрыска Common Rail (аккумуляторной топливной системой), которая позволяет производить впрыск топлива слоями, что увеличивает эффективность воспламенения смеси. Работа пьезофорсунки основана на изменении длины пьезокристалла при подаче напряжения. Пьезоэлектрическая форсунка состоит из корпуса, пьезоэлемента, толкателя, переключающего клапана и иглы (рис. 7). В обычном положении игла прижата к соплу и форсунка закрыта. От ЭБУ на форсунку приходит электрический сигнал, и длина пьезоэлемента увеличивается, воздействуя на поршень толкателя, открывает переключающий клапан и топливо попадает в сливной канал. Давление над иглой падает, но в нижней части остается неизменным, и игла поднимается, сопло открывается и происходит впрыск топлива. Количество топлива регулируется временем воздействия на пьезоэлемент и давлением топлива в рампе [5].

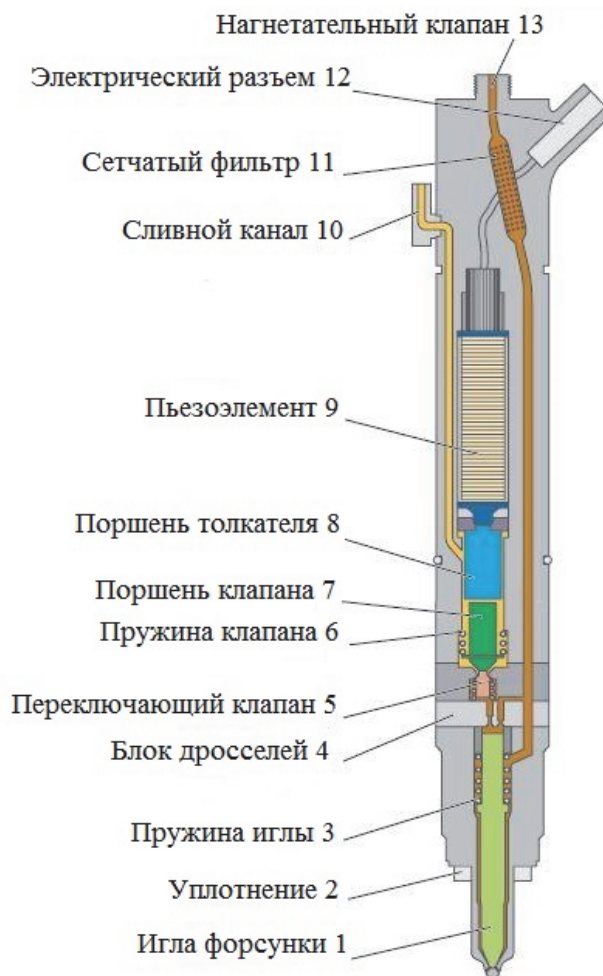


Рисунок 7 – Устройство пьезоэлектрической форсунки [5]

Форсунки высокого давления систем FSI (Fuel Stratified Injection – послойный впрыск топлива), GDI (Gasoline Direct Injection – инжекторная система прямого впрыска топлива) и др. используются в системах непосредственного впрыска топлива и являются высокоточными устройствами, расположенными между топливной рейкой и камерой сгорания. Точность дозирования топлива при использовании форсунок данного типа постоянная при различных режимах работы двигателя. Особая конструкция форсунки позволяет создать в зоне образования факела пленочную структуру топлива, позволяющую улучшить однородность факела за счет уменьшения размеров капель топлива. С уменьшением размера капель увеличивается площадь контакта между топливом и воздухом, улучшается испарение и охлаждение [6].

На рис. 8 представлена форсунка высокого давления системы FSI. Во время прохождения электрического тока через обмотку соленоида создается магнитное поле. Игла форсунки, преодолевая противодействие нажимной пружины и силу давления топлива, приподнимается над седлом и открывает сопло форсунки. За счет разницы давлений между топливной рейкой и камерой сгорания топливо впрыскивается в камеру сгорания. После окончания импульса для открытия форсунки игла форсунки под воздействием нажимной пружины возвращается («садится») на седло клапана, прерывая поступление топлива. Главными отличительными особенностями форсунок высокого давления по сравнению с традиционными являются именно высокое давление (около 100 кг/см^2 против 2 кг/см^2) и небольшое время впрыска ($0,5 \text{ мс}$ против $2\text{--}3 \text{ мс}$)².

² мс – миллисекунда ($1 \text{ мс} = 0,001 \text{ с}$).

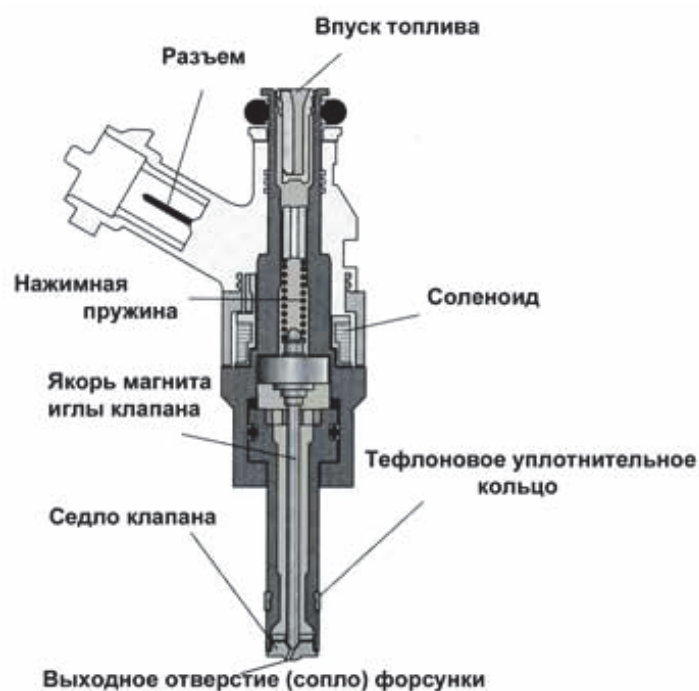


Рисунок 8 – Форсунка высокого давления двигателя системы FSI [6]

Сопоставление эффективности применения различных систем впрыска топлива с использованием форсунок для ДВС разных типов показало, что непосредственный (прямой) впрыск топлива позволяет повысить экологический класс, мощность, крутящий момент двигателя при снижении расхода топлива, но вместе с тем уменьшается его ресурс и требуется применение более дорогостоящего топлива с высоким октановым числом. Установленная зависимость наглядно представлена на примере двигателя серии 3S различных модернизаций (FC, FE и FSE) японской компании Toyota Motor Manufacturing Kentucky (таблица).

Проведенное исследование позволяет сделать заключение, что двигатели внутреннего сгорания требуют дальнейшего развития с учетом современных вызовов: улучшения экономических и экологических показателей, увеличения мощности двигателей при снижении расхода топлива, уменьшения их компактности, повышения ремонтопригодности и восстанавливаемости, снижения уровня шума и вибраций, применения недорогих и альтернативных видов топлива с высокими экологическими показателями и др. Одним из путей реализации этой задачи является усовершенствование и разработка новых систем впрыска топлива и наиболее важных их составляющих – форсунок.

Технические характеристики двигателя Toyota 3S [7]

Тип двигателя с учетом его модернизации	3S-FC	3S-FE	3S-FSE
Система питания	Карбюратор	Распределенный впрыск	Прямой впрыск
Объем двигателя	1998 см ³	1998 см ³	1998 см ³
Тип топлива	АИ-92	АИ-92	АИ-95
Экологический класс	ЕВРО 0	ЕВРО 2	ЕВРО 3
Мощность двигателя	111 л.с.	140 л.с.	145 л.с.
Крутящий момент	166 Нм	185 Нм	196 Нм
Степень сжатия	9,8	9,8	11
Расход топлива на 100 км (смешанный цикл)	8,2 л	8,4 л	7,2 л
Примерный ресурс	300 000 км	300 000 км	250 000 км

Библиографический список

1. Топливная форсунка: виды, конструкция, принцип работы [Электронный ресурс] // dok.ua. URL: https://dok.ua/stati-i-obzory/dvigatel_i_sistema_vuhlopa/79/toplivnaya-forsunka-vidy-konstrukciya-princip-raboty (дата обращения: 10.02.2022).
2. Непосредственный впрыск топлива бензиновых ДВС [Электронный ресурс] // drive2.ru. URL: <https://www.drive2.ru/b/521801831337165888/> (дата обращения: 17.02.2022).
3. Механические форсунки [Электронный ресурс] // kovsh.com. URL: https://kovsh.com/library/diesel_fuel_system/fuel_injection_systems/diesel_nozzle (дата обращения: 17.02.2022).
4. Топливные форсунки бензиновых и дизельных двигателей [Электронный ресурс] // techautoport.ru. URL: <https://techautoport.ru/dvigatel/toplivnaya-sistema/toplivnye-forsunki.html> (дата обращения: 18.02.2022).
5. Устройство электромагнитной форсунки [Электронный ресурс] // autoezda. URL: <https://www.autoezda.com/component/tags/tag/устройство-электромагнитной-форсунки.html> (дата обращения: 19.02.2022).
6. Форсунки НВТ [Электронный ресурс]. URL: https://autodata.ru/article/all/forsunki_nvt/ (дата обращения: 19.02.2022).
7. Двигатель Toyota 3S [Электронный ресурс] // https://otoba.ru. URL: <https://otoba.ru/dvigatel/toyota/3s-fe.html> (дата обращения: 25.02.2022).

Роман Дмитриевич Волынец

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ЭТб-312, Россия, Владивосток, e-mail: roma203rus@gmail.com

Научный руководитель – Татьяна Евгеньевна Коришунова, канд. техн. наук, доцент

Инновационные двигатели внутреннего сгорания без распределительного вала

Аннотация. Представлена информация о новых технологиях в сфере производства двигателей внутреннего сгорания.

Ключевые слова: автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, распределительный вал, клапаны, расход топлива, вредные выбросы, мощность.

Roman D. Volynets

Far Eastern State Technical Fisheries University, ETb-312, Russia, Vladivostok, e-mail: roma203rus@gmail.com

Scientific adviser – Tatiana E. Korshunova, PhD, Associate Professor

Innovative internal combustion engines without a cam shaft

Abstract. The information on new technologies in manufacture sphere is presented Internal combustion engines.

Keywords: the car, internal combustion engine, cam shaft, valves, the fuel consumption, harmful blowouts, capacity.

Наиболее применяемыми на сегодняшний день являются транспортные средства с двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Эти двигатели довольно совершенны конструктивно, надежны в эксплуатации, сравнительно дешевы, большинство работают на доступном дизельном или бензиновом топливе. Вместе с тем ДВС имеют и ряд недостатков: относительно низкий коэффициент полезного действия и эффективность использования энергии топлива, потери на трение, шум и вибрации при работе и др.

Кроме того, в связи с тем, что на планете явно прослеживается нарушение экологического баланса из-за вредных выбросов в атмосферу продуктов сгорания топлива из нефтепродуктов, ДВС имеют такой серьезный недостаток, как большое количество выбросов отработавших горючих газов, содержащих вредные компоненты – углекислый газ и оксиды азота, загрязняющие атмосферу. Экологи видят решение проблемы в переходе на экологически чистые источники энергии (альтернативное топливо и электроэнергию). Однако переход на биогаз, водород и др. либо не дает желаемого эффекта, либо делает производство крайне нерентабельным. Массовый переход на использование электроэнергии пока также затруднен из-за требующихся больших капитальных вложений в развитие соответствующей инфраструктуры и энергосистемы; высокой стоимости, недолговечности и проблемы утилизации аккумуляторных батарей и др.

По вышеизложенным причинам специалисты прогнозируют долю транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания до 2035–2040 гг. около 70–80 % [1]. Поэтому ученые и инженеры продолжают развивать двигатели внутреннего сгорания, усовершен-

ствуя их. Одной из современных разработок в области ДВС является создание инновационных двигателей без распределительного вала.

Традиционные двигатели внутреннего сгорания оснащены распределительными валами, кулачки которых отвечают за открытие – закрытие клапанов двигателя, регулирующих подачу топливно-воздушной смеси и выпуск отработавших газов, от которых зависят крутящий момент и мощность, расход топлива и экологические показатели мотора. Однако настройка работы клапанов, особенно момента и продолжительности их открытия – закрытия, требует высокой точности и своевременности, что усложняет процесс обслуживания и эксплуатации ДВС. Решение проблемы профессионалы видят в усовершенствовании механизма работы клапанов.

Повысить эффективность работы клапанов двигателей внутреннего сгорания пытались ещё советские ученые под руководством профессора МАДИ (Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета) В.М. Архангельского в середине XX в. (1950-е гг.), оснастив клапаны поршневого ДВС индивидуальными электромагнитными приводами. В электромагнитном клапане предусматривалось включение и выключение электромагнитов, происходящее при замыкании и размыкании контактов, связанных с кулачками распределительного вала; на место клапан возвращался пружиной. Работоспособную конструкцию создать не удалось, так как для неё был необходим мощный электромагнит, потребляющий ток из бортовой сети автомобиля, но в те годы не было соответствующих полупроводниковых материалов и металлические контакты быстро выгорали.

Известны также более поздние (1970–1980 гг. прошлого столетия) работы этой же направленности профессора Тольяттинского политехнического института В.В. Ивашина, ученых НАМИ (Научного автомобильного и автотракторного института) под руководством А.Н. Терёхина, а также ряда зарубежных компаний, например, разработки BMW (2002 г.), однако существенных результатов в силу разных причин им достичь не удалось [2].

Успеха в этой области достигли шведская компания Koenigsegg Automotive AB в партнерстве с FreeValve AB и Швейцарская федеральная Лаборатория материаловедения и технологий, создав ДВС без распределительного вала.

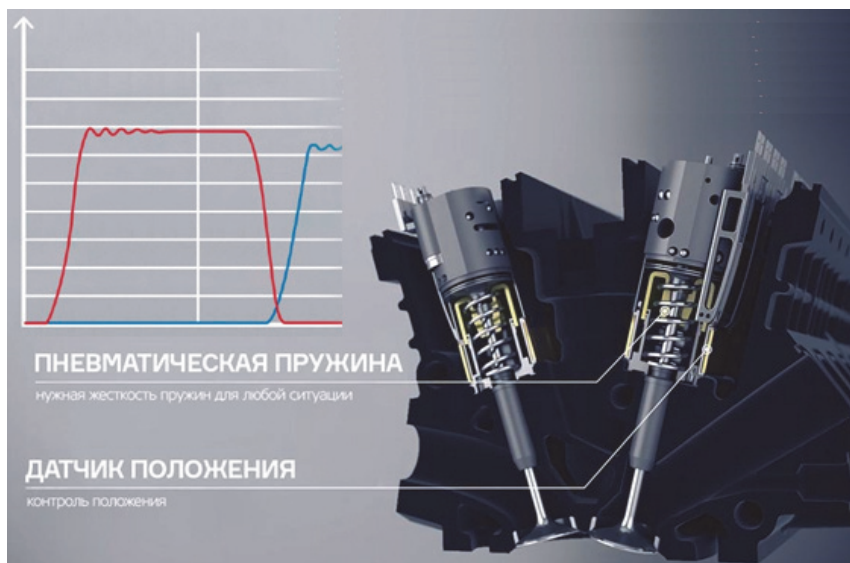
В двигателях без распределительного вала системы FreeValve открытием и закрытием клапанов управляет не распредвал, а уникальные пневмогидроэлектрические приводы (актуаторы), установленные отдельно в каждом клапане [3–8]. Открывающиеся и закрывающиеся индивидуально не связанные между собой клапаны позволяют изменять момент и продолжительность их открытия. Электронный сигнал поступает на актуатор, который открывает клапан с помощью пневматики и закрывает с применением гидравлической системы. Электрический привод подает воздух и масло, создавая в системе необходимое для работы актуатора давление.

На толкателях установлены пневматические пружины с регулируемым уровнем жесткости и датчики положения клапана. На рисунке представлены графики открытия впускного и выпускного клапанов двигателя системы FreeValve, из которых видно, что клапаны двигателя резко открываются, длительно находятся в полностью открытом положении, а затем резко закрываются (кривые практически прямоугольные), благодаря чему необходимые объемы газов проходят через клапаны за меньший промежуток времени, чем в обычном двигателе, фазы впуска и выпуска не перекрываются и, как следствие, экологические показатели мотора улучшаются практически в два раза. Моменты, когда одновременно открыты впускной и выпускной клапаны на графиках отсутствуют. Прямоугольная форма кривых сохраняется и на высоких оборотах (до 10 тыс. об/мин), поскольку мощности актуатора вполне достаточно для быстрого открытия и закрытия клапанов.

Работа цилиндров и вспомогательных систем ДВС FreeValve контролируется компьютером, что позволяет менять фазы газораспределения неограниченное количество раз. Кроме того, можно отключать нужное количество цилиндров в любое время.

Благодаря технологии FreeValve двигатель эффективно работает при любых оборотах и на всех режимах без «провалов» на холостом ходу и большого расхода топлива.

Тестовый двигатель со свободными клапанами показал на испытаниях на 30 % больший крутящий момент, на 30 % меньшее потребление топлива и сокращение вредных выбросов на 50 % по сравнению с обычным ДВС.



Графики открытия впускного (красная линия) и выпускного (синяя линия) клапанов двигателя системы FreeValve [8]

В 2016 г. группа компаний (шведские Koenigsegg и FreeValve и китайско-израильский стартап Qoros) представили прототип концепт-кара Qoros QamFree с принципиально новым двигателем внутреннего сгорания без распределительного вала, где вместо традиционного распредвала использовались управляемые электроникой актуаторы клапанов с новой технологией FreeValve, и концепт хэтчбека Qoros 3 City SUV с первым серийным двигателем без распределительного вала технологии FreeValve объемом 1,6 л, способным развивать мощность 230 л. с. и 320 Н·м крутящего момента. Встроенные в автомобили двигатели имели по сравнению с традиционными ДВС с распредвалами того же объема следующие достоинства: на 30 % большую мощность, более высокий крутящий момент при низких оборотах, повышенную на 20–50 % экономичность с уменьшенным количеством вырабатываемых вредных веществ на 50 %. Снижение расхода топлива составило 15–20 % по сравнению со средним двухлитровым двигателем с прямым впрыском. За счет отказа от распредвалов, дроссельной заслонки и соответствующего навесного оборудования двигателя оказались компактнее и легче традиционных ДВС. Их вес составил около 70 кг.

В отличие от традиционных ДВС, в которых при обрыве ремня газораспределительного механизма поршни сталкиваются с несколькими или сразу со всеми клапанами, деформируя их, двигатели с независимыми клапанами высоко надежны, и при отказе привода клапана поврежденным оказывается только один цилиндр, остальные при этом остаются работоспособными. Независимая работа клапанов позволяет мотору сохранять работоспособное состояние даже при поломке нескольких приводов клапанов с некритичной потерей мощности.

ДВС FreeValve может работать на бензине с различным октановым числом и на дизельном топливе поочередно в любом из трех циклов: Отто, Миллера, Аткинсона, а также способен воспроизводить цикл Хедмана с изменяемой степенью сжатия. При необходимости мотор легко можно преобразовать в двухтактный, почти вдвое нарастив мощность.

По утверждению разработчиков, технология FreeValve применима практически для всех автомобильных и мотоциклетных двигателей.

В 2020 г. компания Koenigsegg представила суперкар Koenigsegg Gemera с новым трехцилиндровым двигателем из алюминиевого сплава без распределительного вала Tiny Friendly Giant (TFG), оснащенного системой индивидуального привода клапанов FreeValve

объемом 2,0 л с двойным наддувом. Его мощность составляет 598 л. с., крутящий момент достигает 600 Н·м в диапазоне от 2000–7000 об/мин, а вес не превышает 70 кг. Высокая экологичность нового ДВС (по сравнению с традиционными двигателями TFG чище на 60 %) обеспечивается принципом работы клапанов, которые настроены на внутреннюю рециркуляцию отработанных газов и смешивание их со свежим воздухом. Впускной и выпускной клапаны открываются и закрываются при любом угле поворота коленчатого вала и на любой желаемой высоте подъема, что способствует снижению расхода топлива и количества выбросов при сохранении высоких крутящего момента и мощности.

Двигатель TFG способен работать на различном топливе, а при использовании биоэтанола он становится экологически нейтральным.

Особенностью двигателя TFG является возможность принудительного перехода к циклу Миллера с помощью электроники. Степень сжатия при этом снижается, что позволяет использовать энергию расширяющихся в цилиндрах газов. Как следствие, снижается расход топлива и увеличивается мощность двигателя. Экономия топлива составляет 15–20 % в сравнении с современными четырехцилиндровыми двухлитровыми ДВС с непосредственным впрыском.

Наряду с явными достоинствами двигатель системы FreeValve без распределительных валов имеет и недостатки: повышенные шумность, вибрации и стоимость, поэтому компания продолжает работу над его усовершенствованием.

Еще один двигатель внутреннего сгорания без распределительного вала был создан в 2019 г. в отделе автомобильных силовых агрегатов Швейцарской федеральной Лаборатории материаловедения и технологий (EMPA) [9, 10]. С целью повысить надёжность и экономичность системы клапанов ДВС компания разработала электрогидравлический клапанный привод FlexWork без использования пневматики.

Технология FlexWork, как и технология FreeValve, позволяет отказаться от распределительного вала и дроссельной заслонки и значительно повысить эффективность двигателя.

Испытания в течение года легкового автомобиля TSI Volkswagen, работающего на природном газе, с установленным новым клапанным механизмом показали снижение расхода топлива на 20 %. Открытие и закрытие клапанов с использованием цифрового управления позволило снизить себестоимость производства двигателя и, как следствие, стоимость автомобиля.

Клапаны нового двигателя приводятся в действие гидравликой под управлением электрического тока через электромагнитную катушку. При подаче напряжения на обмотку открывается гидравлический клапан, позволяя гидравлической жидкости мгновенно открыть газообменный клапан до нужной величины. После снятия напряжения клапан закрывается с помощью пружины, возвращая большую часть энергии, затраченную на открытие, в гидравлическую систему. Такая система обеспечивает значительно более низкое энергопотребление, чем традиционный газораспределительный механизм и в сочетании с оптимизированным газораспределением даёт экономию топлива.

Технология FlexWork обеспечивает возможность выбирать без ограничений параметры работы, время открытия и закрытия клапанов для каждого цилиндра, автоматически отключать или включать цилиндры, что позволяет системе самостоятельно управлять работой двигателя. С помощью интеллектуального управления нагрузкой может выбираться определенное количество остаточного газа, остающегося в цилиндре.

Двигатель системы FlexWork адаптивен к различным видам топлива, включая возобновляемые.

Заключение

Проведенное исследование показало высокую эффективность двигателей внутреннего сгорания без распределительных валов в сравнении с традиционными ДВС, перспективность их дальнейшего развития и целесообразность широкого внедрения в автомобилестроении и транспортном машиностроении.

Библиографический список

1. Хантер Р., Велтхёйсен Ян В., Доши В. Будущее энергетики: новые тенденции развития. Перспективы трансформации нефтегазового сектора [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: https://www.pwc.ru/ru/oil-and-gas/publications/assets/new-energy-futures-final_rus.pdf (дата обращения: 16.02.2022).
2. Бондарь А. ДВС без ГРМ // Энергознание. 28.03.2020 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://www.energovector.com/energoznanie-dvs-bez-grm.html> (дата обращения: 16.02.2022).
3. Двигатель без распредвалов. Технология FreeValve // 24TG - АВТОМОБИЛЬНЫЙ ПОРТАЛ [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://24techno-guide.ru/dvigatel-bez-raspredvalov-tehnologiya-freevalve.php> (дата обращения: 16.02.2022).
4. Tracy D. A Detailed Look At The Koenigsegg Gemera's Mind-Blowing Engineering // JALOPNIK, March 9, 2020 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://jalopnik.com/a-detailed-look-at-the-koenigsegg-gemeras-mind-blowing-1842073757> (дата обращения: 16.02.2022).
5. Von Koenigsegg C. The gemera has a unique powertrain, never seen before. Interview on the Gemera with Christian von Koenigsegg [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://www.koenigsegg.com/gemera/cvk-interview/> (дата обращения: 16.02.2022).
6. Koenigsegg и Qoros построили машину с мотором без распредвала // Новости, 27.04.2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://motor.ru/news/qorosvalve-27-04-2016.htm> (дата обращения: 16.02.2022).
7. 1,6-литровый двигатель без распредвала от Qoros 3 развивает 230 лошадиных сил // 1GAI.ru, 22.11.2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://1gai.ru/autonews/517688-16-litrovyy-dvigatel-bez-raspredvala-ot-qoros-3-razvivaet-230-loshadinyh-sil.html> (дата обращения: 19.02.2022).
8. Апресов С. Как работает двигатель без газораспределительного механизма // Авто-мобили, 23.10.2021 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://www.porrmach.ru/vehicles/237446-kak-rabotaet-dvigatel-bez-grm/> (дата обращения: 21.02.2022).
9. Барский Р. Двигатель без распределительного вала. Инновационная система клапанов экономит 20 % топлива // Наука и техника. 01.09.2019 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://naukatehnika.com/dvigatel-bez-raspredelitelnogo-vala-1.html> (дата обращения: 26.02.2022).
10. Klose R. Innovative valve train saves 20% fuel // Powertrain technology. August 19, 2019 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://www.empa.ch/web/s604/flexwork> (дата обращения: 26.02.2022).

Александр Александрович Демин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. УТб-212, Россия, Владивосток, e-mail: shutnik.1337@mail.ru

Научный руководитель – Татьяна Евгеньевна Коришунова, канд. техн. наук, доцент

Коррозия морского водного транспорта и пути её предотвращения

Аннотация. Рассмотрена коррозия морского водного транспорта, виды коррозии, пути предотвращения коррозии.

Ключевые слова: коррозия, морской транспорт, оборудование, корпус, предотвращение коррозии.

Alexandr A. Dyomin

Far Eastern State Technical Fisheries University, UTb-212, Russia, Vladivostok, e-mail: shutnik.1337@mail.ru

Scientific adviser – Tatiana E. Korshunova, PhD, Associate Professor

Corrosion of a sea sailing charter and way of its prevention

Abstract. Corrosion of a sea sailing charter, kinds of corrosion is considered, ways of prevention of corrosion.

Keywords: corrosion, sea transport, the equipment, the case, prevention corrosion.

Корпуса и оборудование морских судов на протяжении всего времени активной эксплуатации подвергаются постоянным коррозионным разрушениям под воздействием агрессивной рабочей среды – морской воды. При этом наиболее опасна локальная коррозия обшивки корпуса в местах сварки, цепных ящиках, танках наливных судов, особенно при перевозке нефтепродуктов, и др. На рис. 1, 2 показаны последствия коррозионных воздействий морской воды на корпус и судовые механизмы.

По механизму протекания различают химическую и электрохимическую коррозию.

Химическая коррозия – разрушение металла вследствие образования химической связи между атомами металлов и окислителя – не электролита. Для судов морского флота наиболее характерна жидкостная и биологическая химическая коррозия.

Жидкостной химической коррозии подвержены в основном внутренние поверхности судна, например, поверхности грузовых танков нефтеналивных судов при контакте с нефтепродуктами, скорость разрушения которых достигает 1,2–2 мм/год, вызывая в конечном итоге появление сквозных разрушений обшивки судна [3].

На подводной части корпуса судна развивается биологическая химическая коррозия вследствие активной жизнедеятельности налипающих ракушек, водорослей, различных микроорганизмов и других биоорганизмов морской воды, для многих из которых металл является питательной средой.

Электрохимическая коррозия возникает при контакте металла с электропроводящей средой. Причиной электрохимической коррозии является термодинамическая неустойчивость металлов в окружающих их средах. На границе раздела металл – электролит возни-

кает разность потенциалов, от величины которой зависит скорость окисления металла и восстановления окислителя коррозионной среды. Наиболее характерными видами разрушений при такой коррозии являются точечные разрушения (питтинг), межкристаллитная коррозия (избирательное разрушение границ зерен сплава) и щелевая коррозия (усиленное коррозионное разрушение в щелях, трещинах, зазорах).



Рисунок 1 – Коррозия корпуса судна [1]



Рисунок 2 – Коррозия судовых механизмов [2]

Снаружи судна электрохимическая коррозия наиболее характерна и опасна для корпуса, механизмов и других палубных судовых конструкций (подводная часть корпуса, граница раздела фаз вода–воздух (ватерлиния), надводный борт, палубные надстройки, рубки, механизмы и оборудование, расположенное на палубах, куда попадает морская вода), так как их работа осуществляется в условиях токопроводящей жидкости, а именно – в прямом контакте с морской водой или морской атмосферой [4]. Электрохимическая коррозия протекает и во внутренних помещениях судна под воздействием морского воздуха, насыщен-

ного мелкодисперсными частицами воды, содержащей растворенные газы и соли, а также под воздействием перевозимых, особенно гигроскопичных, грузов [5].

При соприкосновении металлических судовых конструкций с морской водой или атмосферой образуется множество гальванических пар, в результате чего металл, являясь анодом, частично переходит в электролит, начинается процесс коррозии, поверхность становится шероховатой, постепенно уменьшается толщина конструкции и, как следствие, снижается ее прочность вплоть до полного разрушения.

Скорость коррозионных процессов напрямую зависит от химического состава морской воды, содержания кислорода в ней, скорости течения воды и, главное, от степени её солёности.

Наиболее опасными компонентами воды являются хлориды и сероводород, способствующие активизации процесса электрохимической коррозии (табл. 1). Кроме того, наличие сероводорода приводит к образованию труднорастворимых сульфидов металлов.

Таблица 1 – Основные компоненты и их количество в солевом составе морской воды [5]

Химический элемент	Количество элемента, %
Хлориды	88,7
Сульфаты	10,8
Бикарбонаты	0,3
Соединения азота, фосфора, кремния и органическое вещество	0,2

Химический состав морской воды отличается в зависимости от географического расположения водного бассейна, в котором судно эксплуатируется (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание растворённых солей в водах некоторых морей [5]

Воды морей (океанов)	Суммарное содержание растворённых в воде солей, %
Балтийское море	8,0
Чёрное море	22,0
Атлантический океан	37,0
Средиземное море	41,0
Каспийское море	13,0
Ирландское море	32,5

Также скорость и величина коррозионных разрушений зависят от количества кислорода в воде, который запускает процесс окисления сплавов. В свою очередь, количество кислорода напрямую зависит от температуры воды. В тёплых водах коррозионные процессы проходят медленнее, чем в холодных. В табл. 3 приведена зависимость содержания кислорода от температуры воды.

Таблица 3 – Зависимость содержания кислорода в воде от температуры [5]

Температура, °C	Содержание кислорода, мг/л
5	14
10	11
20	9
30	7

Усиливает диффузию кислорода, способствуя ускорению коррозии, скорость течения воды. Чем с большей скоростью движется судно, тем активнее протекают коррозионные процессы.

Наиболее применяемыми способами защиты морских судов от коррозии являются легирование судостроительных сплавов, нанесение защитных покрытий, ингибиторная и электрохимическая защита, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки.

Способ легирования распространён довольно широко. Метод заключается в добавлении в состав стали таких элементов, как хром, никель, титан, молибден и некоторых других. Однако заметную эффективность он приобретает только в случае содержания в стали не менее 18 % хрома. Для изготовления корпусов и сварных надпалубных конструкций используют стали повышенной прочности марок А32, D36, E40 и др.; стали марок 40X10C2M, 11X11H2B2MФ, 12X18H9T, 15X11MФ – для судовых энергетических установок, корпусов клапанов и турбинных машин; стали марок 20XM, 08X17T, 12X1MФ, 20X25M20C2, 16X18H12C4TЮЛ – для противопожарных перегородок, гребных винтов и др. [6]. Существенным недостатком этого способа является высокая стоимость легированных коррозионностойких сплавов.

Ингибиторная защита обеспечивается внесением в рабочую среду веществ – ингибиторов определенной концентрации (силикатов и фосфатов натрия, танинов, сульфокислот, бихроматов натрия и др.), замедляющих или предупреждающих коррозию. Однако ингибиторная защита эффективна только в закрытых помещениях [7].

Широко распространенным способом защиты корпуса и других частей морского судна является нанесение защитных покрытий. Используется несколько типов покрытий: лакокрасочные, металлические и неметаллические.

Лакокрасочные покрытия из-за низкой стоимости и простоты исполнения являются основным способом защиты корпуса судна от коррозии (рис. 3). После высыхания на обработанной поверхности образуется упругая и эластичная защитная пленка. В качестве пленкообразующих веществ используют природные и синтетические смолы (канифоль, битумы, глифталевые и пентафталевые алкидные смолы и др.) Для защиты судов от обрас- тания биологическими организмами широко используют необрастающие лакокрасочные покрытия, в состав которых входят различные биологически активные вещества, к кото- рым относятся неорганические токсины, содержащие соединения меди, мышьяка, ртути, цинка, серебра, и органические (фосфорорганические, хлорорганические, металлорганиче- ские соединения) [9].



Рисунок 3 – Корпус судна с лакокрасочным защитным покрытием [8]

В качестве металлических покрытий применяют медь, цинк, олово, никель, хром и др. Чаще всего применяют цинк, который имеет хорошее сцепление с основным металлом, но вместе с тем и относительно низкую механическую прочность.

По сравнению с лакокрасочными и металлическими покрытиями неметаллические сравнительно дешевле, но менее результативны. В качестве неметаллических покрытий используют цемент, жидким раствором которого покрывают поверхности, например, отсе-

ки двойного дна. Бетоном заливают труднодоступные места скопления воды (ляльы, ватервейсы и др.) [3, 10].

Система электрохимической (протекторной и катодной) защиты от коррозии стальных корпусов кораблей и судов стандартизована (ГОСТ 9.056-75). На современном этапе развития техники и технологий популярностью пользуется катодная защита в силу своей эффективности.

Особенность метода катодной защиты заключается в том, что на защищаемую поверхность накладывается отрицательный потенциал электрического тока. Сдвиг потенциала защищаемой металлической поверхности осуществляется с помощью внешнего источника постоянного тока или же соединением с протекторным анодом, изготовленным из металла менее электроотрицательного относительно защищаемого объекта. При этом на всех участках защищаемой поверхности протекает только катодный процесс, тогда как обуславливающий коррозию анодный процесс перенесён на вспомогательные электроды. Анод постепенно разрушается, защищаемая же поверхность (катод) остается не поврежденной. При катодной защите одной установкой можно защитить большую длину конструкции без специальных покрытий, снижаются расходы на обслуживание, работа оборудования происходит в автоматическом режиме с возможностью регулирования уровня защиты. Главным недостатком метода является потребность в надёжном источнике электропитания установки [5, 11].

Для предотвращения коррозии подводной части корпуса судна все более широко применяется современная система катодной защиты с внешним источником тока системы ICCP (англ. Impressed Current Cathodic Protection), разработанная компанией Cathelco (Великобритания) [12, 13]. На внешнюю часть корпуса устанавливаются аноды и батареи, создающие ток и преобразующие высокопотенциальные анодные участки на корпусе в низкопотенциальные катодные. В результате поверхность корпуса судна становится защищенной от коррозии, поскольку весь корпус функционирует как катод. Такая система имеет ручной и автоматический режимы работы и подключается к панели управления внутри судна. Работая в автоматическом режиме, система непрерывно отслеживает разность электрических потенциалов морской воды и поверхности корпуса и эффективно управляет защитным током анодов как функцией этой разности (рис. 4) [13, 14].

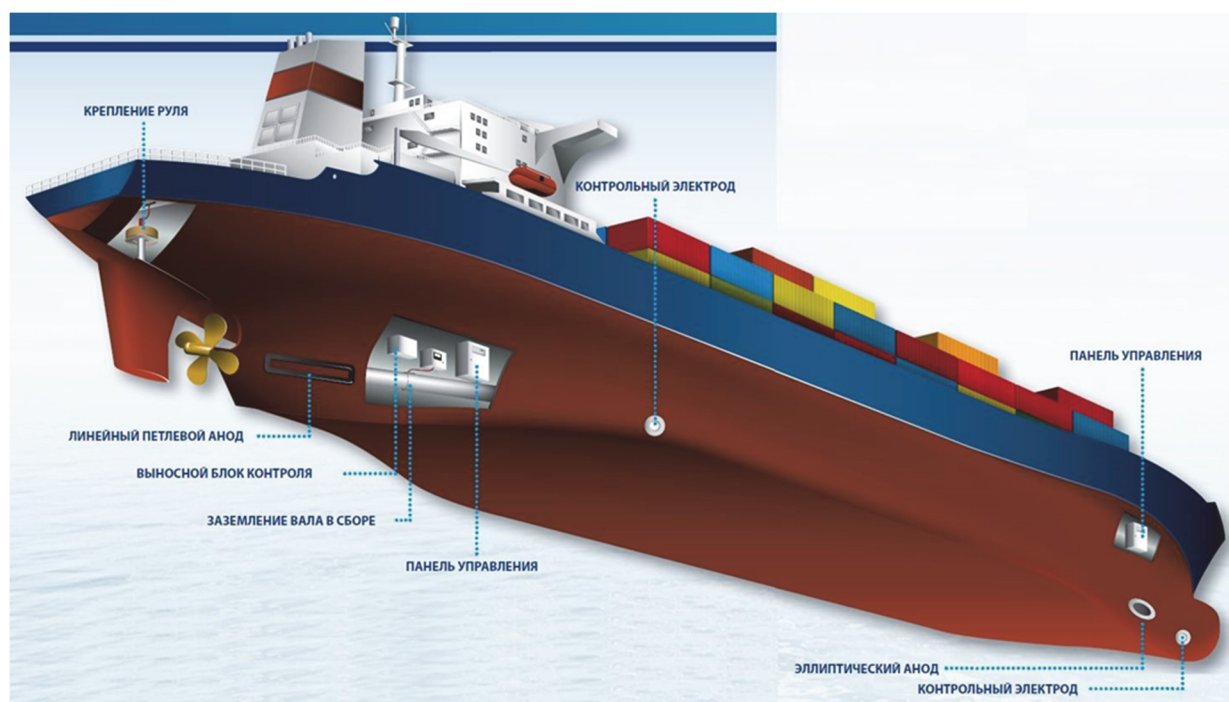


Рисунок 4 – Устройство катодной защиты с наложенным током системы ICCP [14]

Сравнительный анализ современных способов защиты корпуса и судовых механизмов морского водного транспорта от коррозии в морской воде и атмосфере показал, что на сегодняшний день наиболее эффективна катодная защита, особенно в комбинации с нанесенными защитными покрытиями.

Библиографический список

1. Технология окрашивания судов для защиты корпусов от коррозии [Электронный ресурс] // ЛМК-Строй. URL: <https://lmk-stroy.ru/zashchita-morskih-sudov%20ot-korrozii> (дата обращения: 24.01.2022).
2. Петров А. Коррозия металла и способы ее устранения [Электронный ресурс] // HeatTreatment: электрон. статья. 2017. URL: <https://heattreatment.ru/korroziya-metalla-i-sposoby-ee-ustraneniya.html> (дата обращения: 24.01.2022).
3. Теория корабля [Электронный ресурс] // Транс-сервис. URL: https://trans-service.org/ru.php?section=info&page=teor_kor&subpage=eksp_korp_03 (дата обращения: 24.01.2022).
4. Причины электрохимической коррозии и способы защиты металла [Электронный ресурс] // GidpoKraske. URL: <https://gidpokraske.ru/spetsialnye-materialy/rzhavlenie/ehlektrohimicheskaya-korroziya.html> (дата обращения: 24.01.2022).
5. Особенности коррозии в морской и пресной воде [Электронный ресурс] // sea-man.org. URL: <https://sea-man.org/korroziya-korpUSA-sudna.html> (дата обращения: 24.01.2022).
6. Стали, которые используются в судостроении [Электронный ресурс] // Метинвест. URL: <https://metinvest-smc.com/ru/articles/stali-yaki-vikoristovuyutsya-v-sudnobuduvanni/> (дата обращения: 01.02.2022).
7. Ингибиторная защита от коррозии [Электронный ресурс] // morflot.su. URL: <https://morflot.su/ingibitornaja-zashhita-ot-korrozii/> (дата обращения: 16.02.2022).
8. Лакокрасочные материалы tikkurila-тиккурила для судоремонта [Электронный ресурс] // Промснаб. Материалы и оборудование. URL: https://promsnab.me/news/lakokrasochnye_materialy_tikkurila_tikkurila_dlya_sudoremonta/ (дата обращения: 24.01.2022).
9. Лакокрасочные материалы [Электронный ресурс] // seaspirit.ru: Моряк. URL: <https://seaspirit.ru/shipbuilding/ustrojstvo-sudna/lakokrasochnye-materialy.html> (дата обращения: 28.02.2022).
10. Защита корпуса судна от коррозии [Электронный ресурс] // seaspirit.ru: Моряк. URL: <https://seaspirit.ru/shipbuilding/ustrojstvo-sudna/zashhita-korpUSA-sudna-ot-korrozii.html> (дата обращения: 05.03.2022).
11. Решения для защиты судов и кораблей от коррозии [Электронный ресурс] // Корпорация ПСС. URL: <https://pss.ru/resheniya/resheniya-dlya-zashchity-sudov-i-korabley-ot-korrozii/> (дата обращения: 06.03.2022).
12. Предотвращение коррозии корпуса судна при помощи моделирования системы катодной защиты – ICCP [Электронный ресурс] // COMSOL Multiphysics. URL: <https://www.comsol.ru/blogs/avoiding-ship-hull-corrosion-with-iccp-and-simulation/> (дата обращения: 25.01.2022).
13. I.C.C.P. Система катодной защиты с помощью наведенного тока [Электронный ресурс] // cord.su. - URL: <https://cord.su/product/i-c-c-p/> (дата обращения: 26.01.2022).
14. Системы защиты судовых трубопроводов забортной воды от обрастания. Системы катодной защиты с наложенным током [Электронный ресурс] // Системы Cathelco. URL: https://mnsspb.ru/wp-content/uploads/pdf/cath_sys.pdf (дата обращения: 24.01.2022).

Александр Александрович Демин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. УТб-212, Россия, Владивосток, e-mail: shutnik.1337@mail.ru

Научный руководитель – Надежда Алексеевна Малышенко, канд. техн. наук, доцент

Проблемы и перспективы развития порта Восточный

Аннотация. Кратко описаны история Восточного порта, груз, перерабатываемый портом, его проблемы, связанные с углём, а также возможные пути решения этих проблем.

Ключевые слова: порт, груз, уголь, пыль, терминал, Ванино, Находка, Восточный порт, орошение, экран, аспирация, вагоноопрокидыватели.

Alexandr A. Dyomin

Far Eastern State Technical Fisheries University, UTb-212, Russia, Vladivostok, e-mail: shutnik.1337@mail.ru

Scientific adviser – Nadezhda A. Malysenko, PhD, Associate Professor

Problems and prospects of the development of the port Vostochny

Abstract. Briefly describes the history of Port Vostochny, the cargo handled by the port, its problems associated with coal, as well as possible solutions to these problems.

Keywords: port, cargo, coal, dust, terminal, Vanino, Nakhodka, Vostochny Port, irrigation, screen, aspiration, car dumpers.

В состав порта Восточный входят угольные, контейнерный, универсальные терминалы и склады.

Порт Восточный находится в Бухте Врангеля, располагается в заливе Находка. Расположение благоприятное: достаточная глубина для прохождения судов, высокая защита от ветров, создаваемая сопками, а также ширина входного канала обеспечивают необходимые условия для эффективной работы порта, рис. 1.

Площадь территории порта Восточный составляет 403,58 гектаров, площадь его акватории – 66,37 км². 28 причалов и 1 рейдовый перегрузочный комплекс; длина причального фронта – чуть более 6 км; площадь крытых складов – 33,89 тыс. км², а площадь открытых складов – 625,43 тыс. км². Общая пропускная способность при этом 81738 т в год [1].

История порта Восточного начинается с середины XX в.: в 1956 г. были достигнуты государственные соглашения о товарообороте и платежах между Японией и Советским Союзом. В том же году был подписан Протокол о развитии торговли и торговом мореплавании.

Развитию торговли между двумя странами способствовало создание в 1966 г. советско-японского Экономического Совета. Идея строительства нового порта возникла в ходе работы третьего заседания Совета, где с советской стороны был выдвинут план строительства нового морского порта в бухте Врангеля.

После многочисленных исследований местности, совещаний и других организационных моментов в декабре 1973 г. государственной комиссией был подписан акт о вводе в эксплуатацию первого перегрузочного комплекса в Восточном порту, а уже в 1980 г. заработал угольный комплекс.



Рисунок 12 – Схема морского порта Восточный

В декабре 1975 г. вступил в строй щеповой комплекс, оснащенный промышленным телевидением и самой современной перегрузочной установкой, а в следующем же году вступил в строй контейнерный терминал в комплексе с информационно-вычислительным центром.

В 1979–1980 гг. началось строительство бетонной дороги Врангель – Находка, а также заработал угольный комплекс.

В 1986 г. по объему грузопереработки Восточный порт вышел на первое место в Дальневосточном бассейне.

В 1989 г. объем грузооборота в морском порту достиг почти 12 млн т. Данный факт вывел порт в ряды крупнейших морских портов СССР.

В августе 1992 г. порт преобразован в ОАО «Восточный Порт» [1]. Развитие порта продолжалось. Начались реконструкции, сданы в эксплуатацию объекты «второй очереди угольного комплекса», осваивались новые грузы.

В настоящее время морской порт Восточный является крупным портом с высокими показателями грузооборота. С 2007 г. ведётся его активная модернизация. Уже тогда было ясно, что оборудование израсходовало свой ресурс. Во избежание серьёзных поломок, руководством было принято решение об увеличении мощностей порта за счёт его модернизации: замены вагоноопрокидывателей, реконструкции угольного склада, замены силового оборудования и системы управления техническими средствами и т.д. [2]. Развитие было необходимо, поэтому в последующие года руководство порта принимало решения, искало возможности и старалось вывести порт на уровень выше по грузообороту, безопасности персонала и окружающей среды, трудовых условий и остальным важным аспектам работы порта.

В настоящее время число грузов, перерабатываемых портом, входят разные грузы, но основными являются контейнеры и уголь. Порт перерабатывает и навалочные грузы. Навалочными называются сухие грузы, перевозимые без тары, т.е. навалом. По транспортной классификации навалочные грузы относятся к виду грузов, опасных возможностью смещения, и делятся на два класса: класс 1-й – незерновые навалочные и класс 2-й – насыпные грузы [3].

Уголь – горючий минерал органического (растительного) происхождения. Он применяется как топливо, сырьё для химической промышленности, производства кокса, жидкого

топлива (бензина) и многих других ценных продуктов. Качество угля определяется содержанием углерода и водорода. Уголь представляет собой опасный груз класса 4. По степени углефикации ископаемые угли делятся на антрацит, каменные и бурые [3].

Уголь, являясь опасным грузом, огнеопасен. Угольная пыль, возникающая вследствие переработки угля, способна проникнуть в лёгкие людей без защиты дыхательных путей, вызывая болезни. Также пыль, оседая на земле и растениях в больших количествах, перекрывает кислород живым организмам, а также загрязняет окружающую среду.

Проблемы загрязнения угольной пылью затронули и Россию. В 2015 г. порт Восточный столкнулся с трудностями строительства угольных терминалов, расширяя и увеличивая грузовую нагрузку. Трудности в основном были связаны с оформлением документов, получением разрешений, планированием и соглашениями. Однако одним из важных пунктов, задерживающих строительство, являлся запрет, введённый властями Приморского края в 2014 г., на использование открытого способа перевалки угля для всех инициаторов проектов, которые предполагают строить новые или реконструировать существующие терминалы под перевалку пылящих грузов [4]. Этот закон вызывал обсуждения и много вопросов, потому что многие проекты вовсе не были рассчитаны на закрытый тип складирования угля.

Представитель Восточного порта отмечает: «На мой взгляд, это очень спорный вопрос. Закрытые склады рассчитаны на гораздо меньшие объёмы и территории. Намного меньшие. Если Восточный порт был построен с расчётом на открытые склады угля, то перевести его в закрытые помещения – значит фактически остановить предприятие. Сегодня на Дальнем Востоке многие компании заявляют, что они строят закрытые склады в разных портах. Но пока это только разговоры. Надо не забывать ещё и о том, что уголь относится к категории опасных грузов и для работы с ним необходимо соблюдать ряд требований. Мало кто знает о том, что в период хранения груза на складе уголь нагревается и самовозгорается. Чтобы этого не происходило, на наших складах регулярно осуществляют штивку. В закрытых складских помещениях эта проблема будет стоять более остро и невыполнимо» [5].

Однако запрет был принят после появления необорудованных до конца или совсем не предназначенных «терминалов» для перевалки угля. Уголь – очень прибыльный груз за счёт высокого уровня спроса, одними из главных потребителей которого являются страны АТР с крупными заказами, и по этой причине в Приморском крае ещё в 2000-х гг. стали строиться площадки для хранения угля, либо для этих целей начали использовать уже существующие, но необорудованные пространства. Но предприниматели не учли, что уголь также является опасным грузом, пыль которого сильно загрязняет окружающую среду, вследствие чего требуется строительство дополнительных сооружений и наличие технических средств, чтобы минимизировать последствия, вредящие экологической системе [5].

Экологические скандалы в Ванино и Находке привлекли ещё больше внимания к проблеме загрязнения углём. Инфраструктура этих портов изначально не была предназначена для работы с углём, что привело к загрязнению окружающей среды. Жители Находки неоднократно проводили митинги и обращались к властям с жалобами на пыльное облако, создаваемое углём в порту. Взырванные жители обратились напрямую к президенту Российской Федерации Владимиру Путину с просьбой помочь разобраться с ситуацией.

Владимир Владимирович Путин ответил: «Ничего хорошего в этом нет, конечно. Надо посмотреть, как организована работа в портовых сооружениях. ...Давайте посмотрим, кому принадлежит этот порт, в каком режиме он работает. Посмотрим обязательно, как там организована работа. И постараемся отреагировать таким образом, чтобы людям и экологии ущерб был минимизирован».

Широкое общественное внимание к проблеме привело к тому, что Госдума решила на законодательном уровне урегулировать работу с углём, а также к дискуссии с экологами. В свою очередь, в портах Находки и в порту Восточный на тот момент уже начали активно заниматься строительством новой противопыльной защитной инфраструктурой и разви-

вать существующую. С 2017 г. темы угольной пыли, её вреда окружающей среде и защиты от этой пыли постоянно обсуждаются и ведутся дискуссии, СМИ освещают действия стивидоров и следят за выполнением их обещаний по обеспечению экологической безопасности окружающей среды [6, 7, 8]. В том же году в порту Восточный депутату из Госдумы были продемонстрированы системы борьбы с угольной пылью. В эти системы входят система водного орошения угля, специализированный комплекс закрытой выгрузки вагонов с углём с помощью вагоноопрокидывателей, систему очистки сточных вод, системы аспирации воздуха и пылеподавления [9]. Также в порту уже установлены специальные защитные экраны, закрывающие доступ пыли к выходу за пределы угольных терминалов.

Для борьбы с угольной пылью используют разные методы и технологии. Они отличаются сложностью работы и установки, стоимостью и уровнем безопасности.

Одной из таких систем является система водного орошения угля, установленная в порту Восточном. Система работает как в дневное, так и в ночное время, в автоматическом режиме распыляя пресную воду на четыре угольных склада с высотой штабелей 12 м и общей площадью более 120 тыс. м². В результате рассеивания мелкодисперсных частиц воды верхний слой угля поверхности штабеля увлажняется, предотвращая пыление. Угольные склады обрабатываются 144 мощными промышленными пульверизаторами, способными совершать повороты на 120 градусов, охватывать площадь радиусом до 45 м и выпускать воду до 15 м в высоту. Бесперебойная подача воды обеспечивается из специальной емкости объемом 5 тысяч кубометров. Последовательная работа секций пульверизаторов обеспечивает максимальное покрытие угольных штабелей водой, гарантируя пылеподавление при погрузочных работах. Цикл полива составляет более 2 ч, подветренную сторону склада обрабатывают дольше, рис. 2. При сильных ветровых нагрузках предусмотрен единовременный запуск всех линий. Однако такая система может работать только в летний период [10].



Рисунок 13 – Система орошения АО «Восточный Порт»

Второй способ борьбы с угольной пылью – система подавления пыли пеной, если нет возможности установить систему водного орошения. Чтобы предотвратить попадание частиц пыли в воздух, пена в контролируемых условиях вводится в пунктах перегрузки, непосредственно перед дробилками или непосредственно в дробилках. Это гарантирует, что весь материал полностью покрыт пеной. По мере измельчения минерала/заполнителя

обнажаются новые грани и высвобождаются частицы пыли. Эти частицы пыли сталкиваются с пузырьками пены, прокалывая их и высвобождая, таким образом, содержащуюся в них влагу. В результате частица пыли полностью смачивается, и ее увеличенный вес заставляет ее падать обратно. Увлажненные частицы пыли затем продолжают свой путь через последующее дробление, просеивание и попадут в бункеры для окончательного хранения, ни разу не попав в воздух [11].

Третий способ – система вагоноопрокидывателей, рис. 3. За много лет работы показала свою эффективность в использовании. Вагоны точно фиксируются на плите опрокидывателя. Остальные вагоны в колонне удерживаются на месте с помощью удерживающего устройства. Поскольку ствол самосвала вращается вокруг центральной оси сцепных устройств вагона, зажимы вагона надежно удерживают вагон на месте во время вращения. Материал выгружается в бункер и транспортируется по конвейеру, расположенному под бункером. Ствол поворачивается в исходное положение по мере поднятия зажимов вагона. Следующие вагоны в составе устанавливаются в позиции, и цикл повторяется. Такая система может быть оборудована устройством пылеподавления, а зона разгрузки вагонов может оснащаться аспирацией с мешочными фильтрами [12].

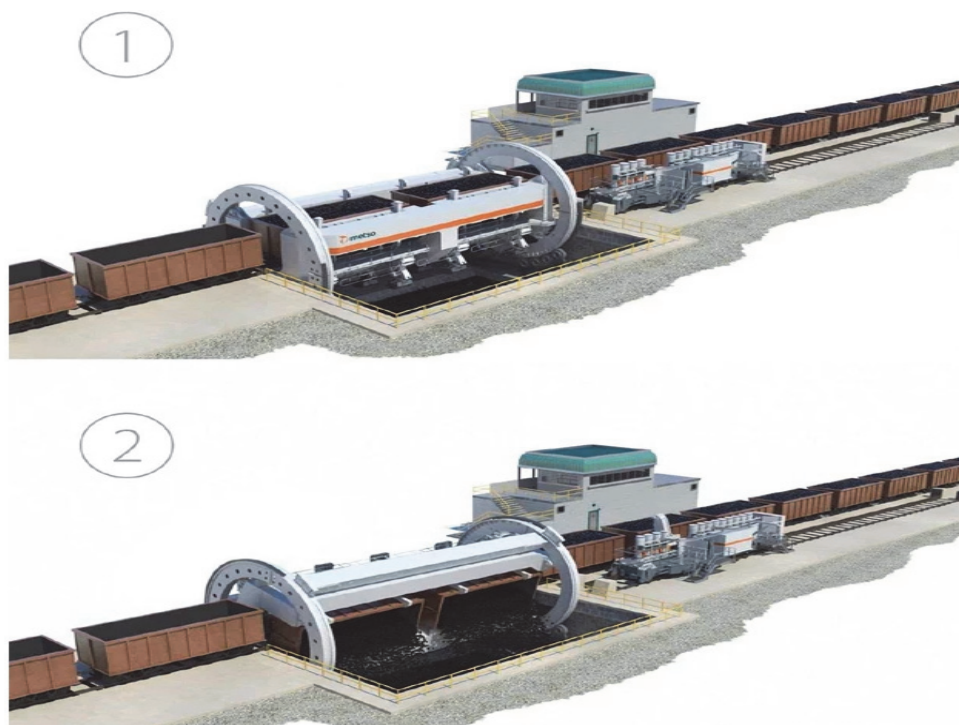


Рисунок 14 – Система вагоноопрокидывателей

Четвёртый способ – система водной очистки. Установка промышленных систем очистки стоков – обязательное требование на предприятиях пищевой, медицинской, нефтеперерабатывающей, теплоэнергетической и других областей, использующих в процессе работы большие объемы водных ресурсов. Система водной очистки необходима для системы очистки сточных вод представляет собой систему, состоящую из нескольких отдельных технологий, которые решают конкретные задачи по очистке сточных вод. Эффективная и хорошо спроектированная система очистки сточных вод должна обеспечивать:

- технологические изменения в загрязнении и потоке;
- вариации в потребностях водно-химического режима и необходимых корректировках объемов химикатов;
- возможные изменения требований к водоотведению.

Пятый способ – система очистки сточных вод. Конкретные процессы очистки различаются, но типичный процесс очистки сточных вод обычно включает коагуляцию (процесс, при котором в реакционный резервуар добавляются различные химические вещества для удаления сыпучих взвешенных твердых частиц и других различных загрязняющих веществ), флокуляцию (когда коагуляция завершена, вода поступает во флокуляционную камеру, где коагулированные частицы медленно перемешиваются вместе с длинноцепочечными полимерами, создавая видимые, оседающие частицы, напоминающие снежинки), фильтрацию, дезинфекцию и др. [13, 14].



Рисунок 15 – Система водной очистки

Шестой способ – циклонная система. Циклонная система аспирации воздуха обеспечивает предотвращение попадания пыли в производственные помещения и атмосферу за счет создания вакуума внутри технологического оборудования и транспортных средств. Также аспирация пылевоздушных смесей применяется с целью поддержания необходимых санитарно-гигиенических условий и предотвращения пожаров и взрывов. Для сбора загрязненного воздуха одновременно из нескольких источников используются стационарные аспирационные системы. Себестоимость такого оборудования ниже по сравнению с переносными установками, что является большим преимуществом на рынке. Оборудование для стационарных систем может быть размещено на значительном расстоянии от источников загрязнения – даже вне производственных пространств, рис. 5 [15, 16].



Рисунок 16 – Системы аспирации для пересыпок угольной пыли ленточных конвейеров в порту Восточном [17]

Седьмой способ – система сухого тумана. В технологии системы сухого тумана используется специальная распыляющая форсунка, которая производит очень сухой туман для сбора и удаления переносимых по воздуху частиц пыли в результате различных обработки материалов. Такая система использует сжатый воздух и обычную воду для создания этих капель размером 1–10 микрон (настоящий туман). Эти ультратонкие капли воды «прикрепляются» к переносимым по воздуху частицам пыли одинакового размера (твердые частицы размером 10 микрон или меньше). Впоследствии слегка смоченные частицы пыли становятся достаточно тяжелыми, чтобы их можно было удалить из воздуха и снова попадать в процесс. Важно отметить, что смачивается только пыль, а не материал. Это приводит к очень низкому потреблению воды и электроэнергии, не требует дорогостоящих химикатов или значительного смачивания продукта (всегда менее 1/2 % по весу, обычно не более 0,1 % добавления влаги) [18].

Восьмой способ – установка защитных экранов. Самым простым и распространённым методом защиты от угольной пыли является строительство защитных экранов в местах работы с углём. Ветропылезащитные экраны позволяют эффективно контролировать концентрацию пыли в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны предприятия. Особенно важна роль защитных экранов, когда пылеобразующее производство располагается в непосредственной близости от жилой застройки и других рекреационных мест. Для каждого предприятия разрабатывается индивидуальный проект с применением натурального и математического моделирования, по результатам которого прорабатывается оптимальный вариант пылеветрозащитного экрана для конкретных условий эксплуатации; оценивается эффективность работы экранов, влияние их на экологическую обстановку на границе с жилой застройкой и других нормируемых объектов; рассчитывается экономическая эффективность от применения пылезащитных экранов, рис. 6 [19].

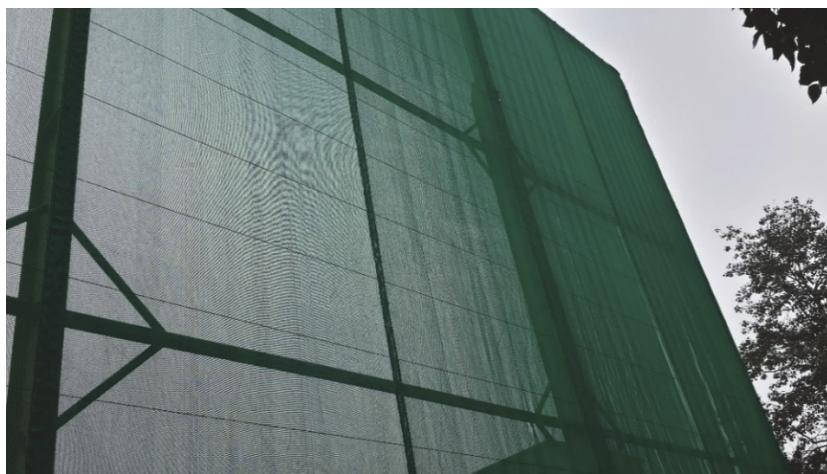


Рисунок 17 – Ветропылезащитный экран на основе полимерной сетки

Несмотря на усиленный надзор над портовой деятельностью со стороны СМИ и уполномоченных органов из-за серьёзных ошибок региональных конкурентов в области, связанной с переработкой угля, порт Восточный продолжает развиваться. Помимо строительства новых причалов и терминалов, планируется модернизация и дополнение техническими средствами уже существующих рабочих пространств. Работа с углём является прибыльной деятельностью, однако такое внимание лишь одному типу груза может негативно повлиять на порт в целом. На данный момент ведётся экономическая борьба «запада» и «востока», и, несмотря на зависимость некоторых отдельных зарубежных предприятий от российского сырья и топлива, в том числе угля, существует опасность введения ограничений на торговлю углём с Российской Федерацией, что негативно скажется на показатели грузооборота порта. Однако уже существующие ограничения привели к тому, что пред-

приниматели вынуждены везти свою продукцию на экспорт в виде контейнеризированного груза через дальневосточные порты. Как отмечают приморские эксперты, ещё в 2021 г. отмечился рост потока контейнеров на 17 %, что является перспективой развития контейнерных терминалов [20]. Это же касается и других грузов. Акцент на торговлю со странами АТР может значительно увеличить грузопоток через порты Приморья, что привлечёт внимание государства, которое может помочь в развитии приморских портов.

Порт Восточный – крупный порт Приморья, который на протяжении 48 лет ведёт свою деятельность и активно развивается, справляясь с разными трудностями, привлекая инвесторов растущими показателями прибыли ежегодно. Руководство настроено оптимистично и делится успехами предприятия со СМИ, планируя и дальше улучшать и расширять порт.

Библиографический список

1. Морской порт Восточный [Электронный ресурс]. РОСМОРПОРТ. URL: https://www.rosmorport.ru/filials/vlf_seaports/ (дата обращения: 02.04.2022).
2. Ольга Добролюбова. В погоне за грузооборотом // Газ. Золотой Рог. 2007. С. 18.
3. Малышенко Н.А. Грузоведение. Обеспечение сохранности грузов в порту: учеб. пособие. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. С. 206.
4. Кризис «консервирует» новые угольные порты Приморья [Электронный ресурс] // Газ. Золотой Рог. URL: <https://zr.media/news/business/10-02-2016/krizis-konserviruet-novye-ugolnye-porty-primorya> (дата обращения: 03.04.2022).
5. Портам Приморья дана команда не пылить [Электронный ресурс] // Газ. Золотой Рог. URL: <https://zr.media/news/business/26-04-2016/portam-primorya-dana-komanda-ne-pylit> (дата обращения: 03.04.2022).
6. Портам Приморья скомандуют майна [Электронный ресурс] // Газ. Золотой Рог. URL: <https://zr.media/news/business/21-02-2017/portam-v-primorie-skomanduyut-mayna> (дата обращения: 03.04.2022).
7. Мальчик из Находки поднял угольную пыль [Электронный ресурс] // Газ. Золотой Рог. URL: <https://zr.media/news/society/21-06-2017/malchik-iz-nahodki-podnyal-ugolnuyu-pyl> (дата обращения: 09.04.2022).
8. Технологически лучшие [Электронный ресурс] // Газ. Золотой Рог. URL: <https://zr.media/news/business/17-10-2018/tehnologicheski-luchshie> (дата обращения: 09.04.2022).
9. «Угольная» проблема решается не на словах, а на деле [Электронный ресурс] // Газ. Золотой Рог. URL: <https://zr.media/news/business/04-07-2017/ugolnaya-problema-reshaetsya-ne-na-slovaх-a-na-dele> (дата обращения: 16.04.2022).
10. Система орошения угольных складов АО «Восточный Порт» переведена на летний режим работы [Электронный ресурс]. PrimaMedia. URL: <https://primamedia.ru/news/682357/> (дата обращения: 10.04.2022).
11. What Is Foam Dust Suppression? [Электронный ресурс] // Best-Chem. URL: <https://www.best-chem.co.uk/dust-suppression/what-is-foam-dust-suppression/> (дата обращения: 10.04.2022).
12. Railcar Dumpers [Электронный ресурс] // Metso Outotec. URL: <https://www.mogroup.com/products-and-services/plants-and-capital-equipment/railcar-dumpers/> (дата обращения: 10.04.2022).
13. Монтаж и обслуживание очистных сооружений [Электронный ресурс] // Домиато. URL: <https://domiato.ru/promyshlennye-sistemy/promyshlennye-sistemy-ochistki-stokov/> (дата обращения: 10.04.2022).
14. What is an Industrial Wastewater Treatment System and How Does it Work? [Электронный ресурс] // Samco Technologies. URL: <https://www.samcotech.com/what-is-a-wastewater-treatment-system-and-how-does-it-work/> (дата обращения: 10.04.2022).
15. Industrial aspiration systems [Электронный ресурс] // ПОМАКС. URL: <https://www.zavodromax.com/products/gravity-flow-and-aspiration-systems/aspiration-systems/> (дата обращения: 10.04.2022).

16. Design of aspiration and air cleaning systems [Электронный ресурс] // Балтийские Инженерные Системы. URL: <http://www.bengs.ru/225.php> (дата обращения: 10.04.2022).
17. АО «Инженерно-строительный центр УГМК» АО «Восточный порт» [Электронный ресурс] // Aspex. URL: <https://aspex.ru/en/works/ao-inzhenerno-stroitelnyy-centr-ugmk-ao-vostochnyy-port#2> (дата обращения: 10.04.2022).
18. Dry Fog Systems [Электронный ресурс] // Dust Solutions Inc. URL: <https://www.nodust.com/Other/dry-fog-agglomerative-dust-suppression-systems-by-dust-solutions-inc.html> (дата обращения: 10.04.2022).
19. Защитные экраны от пыли и ветра [Электронный ресурс] // Балтийские ЕИМ инжиниринг. URL: <https://www.eim-engineering.ru/production/pylepodavlenie/passivnyie-sistemyi/> (дата обращения: 10.04.2022).
20. Александр Латкин и Андрей Мартынов дали прогнозы на будущую экономическую ситуацию на востоке России [Электронный ресурс] // Газ. Золотой Рог. URL: <https://zr.media/article/general/05-04-2022/aleksandr-latkin-i-andrey-martynov-dali-prognozy-na-buduschuyu-ekonomicheskuyu-situatsiyu-na-vostoke-rossii> (дата обращения: 10.04.2022).

Дарья Александровна Салиенко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ВТб-312, Россия, Владивосток, e-mail: salienkodasha@gmail.com

Научный руководитель – Светлана Сергеевна Валькова, канд. техн. наук, доцент

Развитие Северного морского пути: национальный и международный аспекты

Аннотация. Раскрываются особенности Северного морского пути (СМП), анализируется его национальный и международный аспекты, современные предложения и нововведения по развитию.

Ключевые слова: Северный морской путь, Арктический совет, Арктика, Россия, «Ямал СПГ».

Darya A. Salienko

Far Eastern State Technical Fisheries University, VTb-312, Russia, Vladivostok, e-mail: salienkodasha@gmail.com

Scientific adviser – Svetlana S. Valkova, PhD, Associate Professor

Development of the Northern Sea Route: national and international aspects

Abstract. The article reveals the features of the Northern Sea Route (NSR), analyzes its national and international aspects. The article also analyzes modern proposals and innovations for the development of the Northern Sea Route.

Keywords: Northern Sea Route, Arctic Council, Arctic, Russia, Yamal LNG.

Сейчас в мире очень активно обсуждается тема развития Северного морского пути (СМП) и освоения Арктики. По мнению ведущих мировых экспертов, за СМП будущее мировой морской логистики и торговли [1]. Однако многие специалисты высказывают опасения, что тяжелые природные факторы могут существенно повлиять на конкурентоспособность СМП в сравнении со всеми другими торговыми маршрутами [2].

Северный морской путь является единственным судоходным маршрутом, связывающим все арктические и субарктические регионы Российской Федерации. Благодаря рекам, впадающим на Северный Ледовитый океан, такой маршрут создает единую транспортную систему, способную соединить территорию России по линии «Юго-Север».

Однако исторически сложилось, что СМП осуществляет связь с такими важными промышленными комплексами, как Норильский комбинат (ВПК), Восточно-Сибирский нефтегазовый комплекс (ВННК), лесозэкспортирующими предприятиями Архангельска, Чукотки, Магадана, Магаданской области и др. В будущем развитие Севморпути будет связано с освоением и транспортировкой минеральных и энергетических ресурсов Тимано-Печорской провинции, Обской губы, полуострова Ямал, берегов Баренцева и Карского морей.

Первым этапом освоения СМП считается 1932 г., когда вся экспедиция была пройдена за одну навигацию советской командой, возглавляемой О.Ю. Шмидтом на ледокольном пароходе «Александр Сибиряков». Первым советским рекордом перевозки грузов является 1986 г. – 6,6 млн т. Этот показатель на протяжении 19 лет оставался лидером, а в 2016 г. его удалось превзойти – 7,3 млн т. В 2021 г. он достиг 34,85 млн т.

При принятии закона о СМП особое внимание к Севморпути стало лишь в 2012 г., когда был принят Закон о СМП. Сейчас идет работа по его развитию, а также с 2013 г. Мин-

транс России принял ряд мер, направленных на создание таких организаций, как Администрация Северного морского пути, утвержден «Порядок плавания в акватории СМП». Федеральный закон от 27.12.2018 №524-ФЗ «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» Госкорпорация «Росатом» приняла функционал единого инфраструктурного оператора Северного морского пути.

Цель – увеличить объемы перевозок с одновременным расширением российских арктических регионов. В Указе Президента России от 07 мая 2019 года № 204 «О Национальном плане и стратегических планах развития Российской Федерации на период до 2020 г.» поставлена задача довести грузопотоки, связанные с СМП, до 80 млн т к 2024 г. [3].

В целях дальнейшего совершенствования навигационно-гидрографического обеспечения, а также безопасности судоходству на трассах Севморпути, правительство приняло ряд решений. Разрабатывается и внедряется метео-, гидро- и ледовый сервис, перспективный спектр радиосвязи для выполнения аварийно-спасательных работ, а также беспилотные воздушные аппараты для мониторинга льда и разведки.

Для дальнейшего развития современного ледокольного флота приняты меры. Кроме того, сегодня в акватории Северного морского пути действует 8 атомно-дизельных и 4 дизельных ледоколов, что для поддержания транспортного сообщения по Северному морскому пути недостаточно.

С точки зрения экспертов, к 2030 г. для обеспечения надежной и своевременной навигации на Северном морском пути необходимо будет построить до десяти новых атомных ледоколов. Дальневосточный завод «Звезда» намерен построить новый супермощный атомход «Лидер», который станет единственным ледоколом, способным проводить суда по СМП при глубине льдов до 4 м. Он будет иметь повышенную мощность, увеличенную ширину корпуса и повышенную скорость. Помимо того в этом месте строятся суда для «Роснефти», «Газпрома», «Росморпорта», «Совкомфлота», «НОВАТЭК».

Для этого атомные ледоколы, суда ледового класса смогут выполнять в Арктике операции любой категории сложности, вплоть до проведения геологических разведок арктического дна, обеспечения нефти и газа, существенно усилят транспортные коммуникации СМП.

Северный морской путь является самым коротким морским путем между портами Европы и Азии. Расстояние от голландского порта Роттердам до японского порта Йокогама (Южного морского пути, идущего через Суэцкий канал) составляет 11 205 морских миль, с использованием СМП – 7 345 морских миль. Компания SMP сокращает путь из порта Роттердам в порт Шанхай – на 2 449 морских миль и почти до города Ванкувер – 1 932 морских миль. [2] По Севморпути на переход из Европы в Китай требуется около 25 дней и 625 т мазута, а при использовании Суэцкого канала – 35 дней и 875 т мазута. С ноября по июнь ледокольная проводка необходима в календарном году. Однако в этих условиях, помимо российских ледоколов, возможно применение и иностранных судов [4].

На данный момент Северный морской путь скромно представлен на карте международного морского транспорта. Потоки через Малаккский пролив, Суэцкий канал и Панамский перегон уступают потокам СМП. И если дальше развивать проекты «Ямал СПГ» и «Арктик СПГ-2», то роль СМП значительно возрастет.

Глобальное изменение климата, как и превращение Северного морского пути в мировой маршрут, напрямую зависит от глобального потепления. Снижение ледовитости Арктики может привести в дальнейшем к тому, что традиционные маршруты СМП будут более высокоширотными. В соответствии с решением Международного морского суда регулирующее судоходство будет осуществляться Международной морской организацией.

Имеет значение и стоимость нефти. Хотя при более коротком маршруте стоимость перевозок все равно будет уступать в цене Суэцкому каналу, где плата за проход на треть меньше, чем за ледокольное сопровождение [5].

Некоторые факторы также негативно влияют на СМП: короткий срок навигации, суровые погодные условия, угроза, предшествующая дополнительным страховым расходам. Также из 71 порта на трассе Северного морского пути 66 имеют загрузку менее 100 тыс.

или вообще не работают. В большинстве арктических портов требуется капитальный ремонт и углубление дна для приема современных судов [6].

По словам представителей компании «Арктикморнефтегазразведка», сегодня эти проблемы активно решаются, вводятся специальные суда высокого ледового класса, повышаются кадры, способные работать на таких судах. Также создаются и совершенствуются сервисные службы и каналы связи для отслеживания судов.

Из-за этого Россия проигрывает в технологиях и не может их самостоятельно реализовать; крупные проекты типа «Ямал-СПГ», «Арктик СПГ-2» и др. Но благодаря долгосрочным соглашениям с азиатскими странами – Китаем, Японией, Республик Корея и Сингапура, это стало вполне выполнимой задачей. Японская фирма Mitsui O.S.K. Lines и китайская компания China COSCO Shipping участвуют в разработке и эксплуатации морского порта Сабетта. Корейская компания Hyundai Merchant Marine Co совместно с китайской компанией Poly Group рассматривает вопрос о возможности участия в проекте реконструкции Архангельского глубоководного морского терминала и разработки Мурманской транспортной системы. Кроме того, эти страны смогут начать поставлять с помощью международных караванов грузовых судов, для которых Россия снизит сборы [7].

СМП рассматривается как один из транзитных маршрутов в рамках китайской инициативы «Один пояс, один путь», в частности, путем «Ледяного шелкового пути». Именно эти пути помогут в развитии проектов РФ и Китая. Именно поэтому стоит активно подключать к этой задаче страны ЕАЭС, например, в области использования передовых наработок в области разработки машин и агрегатов для работы в тяжелых климатических условиях [7].

В результате развитие СМП позволит увеличить грузопоток, создать нормальные комфортные условия для жизни и упростить добычу полезных ископаемых. Как известно, строительство «Ледового шёлкового пути» вдоль северных берегов России поможет экономическому развитию страны. В будущем СМП должен составить основу Арктической транспортной системы, в состав которой должны войти комплекс транспортных средств морского и речного флотов, авиации, трубопроводного, железнодорожного или автомобильного транспорта, а также береговой инфраструктуры.

Библиографический список

1. Дмитриева С.И., Полянский М.А. Арктический регион в контексте интересов российской внешней политики // Журнал российского права. 2017. С. 148–157; Сунь Сюэнь. Потенциал международного сотрудничества РФ и КНР в Арктике: сравнительный анализ национальных интересов. Социально-политические науки. 2017. № 3. С. 12–17; Тодоров А.А. Международный транзитный потенциал Северного морского пути: экономический и правовой аспект // Проблемы национальной стратегии. 2017. № 3. С. 149–171.
2. Ларченко Л.В., Колышкин А.В., Яковлева Т.В., Нелюбина Л.В. Может ли Северный морской путь стать конкурентоспособным международным транзитным путём // Инновации. 2018. № 10. С. 64–67.
3. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/57425> (дата обращения: 15.03.2022).
4. Редкие земли. Возрождение Северного морского пути – главная забота российских полярников. 01.07.2016 г. URL: <http://rareearth.ru/ru/pub/20160601/02203.html> (дата обращения: 21.03.2022).
5. Мастепанов А.М. Нефтегазовые проекты на Арктическом шельфе в условиях высоких и низких цен на энергоресурсы // Научный журнал Российского газового общества. 2016. № 4. С. 11–18.
6. Козлова А. Мы пойдём Северным морским путём. Сможет ли маршрут по российской Арктике заменить южную транспортную артерию через Суэцкий канал? // Комсомольская правда: газ. 02.04.2019.
7. Альтернативный маршрут. За СМП будущее мировой морской логистики и торговли. URL: <http://www.eastrussia.ru/material/alternativnyy-marshrut/> (дата обращения: 21.03.2022).

Михаил Владимирович Секацкий

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. УТб-312, Россия, Владивосток, e-mail: misha.sek@inbox.ru

Научный руководитель – Светлана Сергеевна Валькова, канд. техн. наук, доцент

Перспективы морского порта ООО «Зарубино»

Аннотация. Рассмотрены перспективы развития морского порта Зарубино, являющегося важным элементом морского коридора Приморья. Проведен анализ географического расположения порта, а также нынешних и потенциальных возможностей порта.

Ключевые слова: грузооборот, перспективы, перевалки, доставка, коридор.

Michael V. Sekatsky

Far Eastern State Technical Fisheries University, UTb-312, Russia, Vladivostok, e-mail:
misha.sek@inbox.ru

Scientific adviser – Svetlana S. Valkova, PhD, Associate Professor

Prospects for the seaport Zarubino LLC

Abstract. The article is devoted to the prospects for the development of the seaport of Zarubino, which is an important task for the seaport of Primorye. An analysis was made of the geographical position of the port, as well as the current and discovered opportunities of the port.

Keywords: freight turnover, prospects, transshipment, delivery, corridor.

Крупнейший незамерзающий порт Зарубино Приморского края в настоящее время успешно перегружает самые разные виды грузов. Порт расположен на морской границе между Россией, Республикой Корея и Японией, а также на сухопутной границе между Россией, Северной Кореей и Китаем. Это удачное расположение уже облегчает логистику в нескольких направлениях по различным маршрутам, включая железнодорожное, морское и сухопутное сообщение, например, до Хуньчуня, города провинции Цзилинь, всего 1000 км, что обеспечивает кратчайший путь между Северо-Восточным Китаем и Дальним Востоком России. Стратегическое расположение порта Зарубино особенно стало подчеркиваться с 2013 года, после того как было восстановлено движение на Хуньчунь-Махалинской железной дороге [1].

Порт имеет причальный фронт общей длиной в 841 м, а также обладает пропускной способностью в более чем 1202 тыс. т в год. Порт принимает суда длиной до 172 м и осадкой до 8 м [2]. Зарубино имеет собственные железнодорожные пути в международном пункте пересечения границы, а инвесторы нового проекта планируют строительство нового комплекса железнодорожных путей для строящегося зернового порта.

Текущая электрическая мощность составляет 4 МВт, но более внушительная мощность может быть достигнута за счет новой ТЭЦ, по информации главы региона. Бухта, окружающая порт, также свободна ото льда, что позволяет осуществлять навигацию без использования ледоколов [3].

В сотрудничестве с правительством Китая российская портовая логистическая компания «Сумма Групп» в 2018 г. завершила расширение российского порта Зарубино стоимо-

стью 100 млн долл. США, предоставив грузоотправителям более удобный доступ в Северо-Восточную Азию и из нее.

Использование линии Хуньчунь-Махалино вместо порта Далянь для доставки из Северо-Восточного Китая в Северо-Восточную Азию значительно сокращает время транспортировки.

Партнерство между Группой «Сумма», акционером основной российской контейнерной линии FESCO, и правительством Китая подчеркивает растущее экономическое сотрудничество между двумя странами. Россия, которая сталкивается с жесткими санкциями со стороны западных стран, подписала энергетическое соглашение на 400 млрд долларов с Китаем, вторым по величине торговым партнером [1].

Расширившись с объекта примерно на 380 акров до 630 акров, порт Зарубино сможет обрабатывать до 100 млн т грузов в год, до 60 % которых будут транзитом китайские грузы. В порту с причалами протяженностью почти 5000 миль будет 19 терминалов, предназначенных для контейнерных, навалочных и пассажирских перевозок. Ожидается, что морской порт будет ежегодно обрабатывать 25 млн т генеральных грузов, 1,5 млн единиц накатных грузов и 2 млн контейнеров.

Между тем российская компания сделала первый шаг в освоении резервных земель для логистики в приграничной зоне экономического сотрудничества Хуньчунь. Зона свободной торговли включает в себя зону экспортной обработки и китайско-российскую торговую зону. Новый логистический распределительный центр будет дополнительно поддерживать доставку грузов из Северо-Восточного Китая в порт Зарубино.

Это не первый случай, когда морской порт привлекает внимание судоходной отрасли. Еще в 1991 г. Программа развития Организации Объединенных Наций запустила Greater Tumen Initiative (GTI), направленную на развитие инфраструктуры в регионе, охватывающем Сибирь, Японию, Северную Корею, Южную Корею, Монголию и Китай. Сейчас GTI рекомендует модернизировать порт Зарубино.

Японская префектура Ниигата, расположенная на северо-западном побережье Японского моря, обнаружила, что доставка грузов из Ниигаты в провинцию Цзилинь через Зарубино обычно занимает от четырех до шести дней. Это меньше половины времени, необходимого для доставки товаров через порт Далянь.

Возобновление железнодорожного сообщения также является частью усилий GTI. В мае шесть контейнеров с минеральной водой в бутылках были отправлены из провинции Цзилинь в Южную Корею по железнодорожной линии Хуньчунь-Махалино после девяти лет простоя. Линия имеет годовую мощность 3 млн т грузов.

Cosco, крупнейшая контейнерная линия Китая, не планирует в краткосрочной перспективе менять свой маршрут в Северо-Восточную Азию, включив в него Зарубино. «Будет ли маршрут сокращен или нет, зависит от следующего стратегического совещания компании», – сказал представитель Cosco.

Источник в Jilin Grain Corp. сказал, что до сих пор неясно, какую роль будет играть порт Зарубино в экспорте зерна, поскольку большая часть китайского экспорта из региона отправляется из порта Далянь в Южную Корею и Японию. По словам источника, перспективы торговли зерном не столь радужны, как ожидал экспортер. Тем не менее судоходство через Зарубино может снизить высокую интенсивность движения порта Далянь, самого загруженного морского порта Бохайской экономической зоны.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что порт, безусловно, интересен зарубежным партнерам. Об этом свидетельствуют и авторитетные аналитические исследования, положенные в основу реализуемой программы, и последовавшие затем тестовые отправки грузов между КНР, Японией и Республикой Корея.

Между тем существующая железнодорожная инфраструктура МТК «Приморье-2» не способна на сегодня обеспечить обработку указанного целевого грузопотока и требует финансовых вложений на проведение реконструкции.

Для того чтобы эффективно реализовать потенциал порта, транспортная система Приморья должна соответствовать уровню развития транспортных систем лидирующих стран АТР и приобрести международный статус транспортного узла, что важнее простого участия в МТК.

Успешное развитие порта подразумевает не только строительство новых и развитие существующих объектов портовой инфраструктуры, но и качественную транспортную составляющую – автомобильные и железные дороги, законодательное регулирование и модернизацию работы железнодорожного пункта пропуска, оптимизацию таможенных процессов, а также соответствие портового обслуживания лучшим международным практикам.

Библиографический список

1. Zarubino Port Grain Terminal to Complete Construction // <https://www.victoralexandrovicholersky.com/zarubino-port-grain-terminal-to-complete-construction-by-2020/>.
2. Дальневосточный бассейновый филиал. https://www.rosmorport.ru/filials/vlf_seaports/.
3. Russia? China aim to boost Northeast Asia trade by expanding Zarubino port https://www.joc.com/port-news/asian-ports/russia-china-aim-boost-northeast-asia-trade-expanding-zarubino-port_20141007.html.
4. Транзитный грузопоток по МТК «Приморье-2» в порт Зарубино https://www.joc.com/port-news/asian-ports/russia-china-aim-boost-northeast-asia-trade-expanding-zarubino-port_20141007.html.
5. Многообещающий порт Зарубино. <http://morvesti.ru/analitika/1688/84824/>.

Захар Олегович Сулимов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СМс-212, Россия, Владивосток, e-mail: zoxasul@gmail.com

Научный руководитель – Татьяна Евгеньевна Коришунова, канд. техн. наук, доцент

Особенности секционной сборки корпуса судна с применением сварочных технологий

Аннотация. Рассмотрены современные методы секционной сборки и сварки корпуса судна, выявлены наиболее прогрессивные технологии на каждом этапе постройки.

Ключевые слова: судно, корпус судна, сборка корпуса, сварка.

Zaxar O. Sulimov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SMs-212, Russia, Vladivostok,
e-mail: zoxasul@gmail.com

Scientific adviser – Tatiana E. Korshunova, PhD, Associate Professor

Features of section assemblage of a body of a vessel with application of the welding technologies

Abstract. Modern prefabrication methods and body weldings are considered vessel, the most progressive technologies at each stage of construction are revealed.

Keywords: vessel, vessel body, body assemblage, welding.

С появлением потокового металлургического производства судостроители занимаются непрерывным поиском наиболее совершенной технологии производства корпусов судов различного назначения. Применение сварных металлоконструкций в судостроении позволило существенно повысить мореходные качества судов, так как использование традиционной клепки значительно увеличивало их массу.

Наиболее эффективной показала себя технология секционной сборки судов способом сварки, позволяющая уменьшить суммарный вес корабля на 10–15 %. Кроме того, применение сварочных технологий существенно увеличило прочность и надежность корпусов, а также снизило трудовые и временные затраты на постройку судов за счет возможностей механизации и автоматизации сварочного процесса.

Наиболее распространенным способом сварки в судостроении является высокопроизводительная электродуговая сварка, при которой образование неразъемных соединений двух металлических поверхностей возникает в результате плавления свариваемых частей теплом, исходящим от горячей между электродами электрической дуги. Расплавленный металл, при хорошей текучести, способен свободно перемешиваться и образовывать единое, целостное соединение, называемое сварным швом.

Образование неразъемных соединений корпуса судна в основном обеспечивают такими видами сварки, как ручная электродуговая покрытыми электродами, аргонодуговая неплавящимся вольфрамовым электродом в среде инертного газа, MIG/MAG – сварка (механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитного газа) и автоматическая сварка под слоем флюса.

Строительство судов начинается с выбора технологии производства, средств и способов организации судового корпуса. Выбор зависит от многих факторов: конструкция судна, продолжительность постройки, размер верфи или же серийность производства.

В настоящее время самым распространённым способом постройки судна является секционный метод, который подразумевает пирамидальный или островной способ формирования корпуса.

Корпус современного судна состоит из нескольких крупных частей – секций или блоков. Процесс сборки корпуса судна из блоков-секций показан на рис. 1.



Рисунок 1 –Сборка корпуса атомохода «Якутия» из блоков-секций [1]

Секция – это часть корпуса судна, состоящая из множества отдельных узлов и деталей. Блок секций является еще более внушительной частью корпуса, созданный рядами секций.

Секции корпуса собирают из предварительно изготовленных узлов, которые разделяют по конструктивно технологическим особенностям: прямолинейные и криволинейные тавровые и Г-образные балки; короткие тавры, бракеты³ и кницы⁴; широкие полосы с ребрами жесткости или поясками; полотнища; объемные узлы небольшой протяженности.

В процессе изготовления узлов подготовленные детали обычно соединяются механизированной сваркой плавящимся электродом в среде защитного газа (углекислого, аргона и др.). Выбор этого вида сварки объясняется высоким соотношением скорости и качества соединения; также это обусловлено труднодоступностью свариваемых кромок в местах изгибов и стыков.

Для изготовления узлов большой протяженности, например, полотнища, используется автоматизированная портальная или рельсовая сварочная установка.

В пирамидальном способе секционной сборки первоначально судно формируется поперек. Это обусловлено тем, что секции, образующие основной объем судна, размещаются по высоте (рис. 2).

Сборка и сварка корпуса в высоту имеют ряд преимуществ, например, возможность быстрой сборки помещений, что позволяет ускорить монтажные работы.

Во избежание деформаций корпуса после сварки, сборку секций осуществляют последовательно, чтобы дать соединению возможность свободной усадки.

³ Бракета (англ. bracket) – плоская деталь прямоугольной или какой-либо сложной формы, предназначенная для укрепления каркаса судового набора или соединения его элементов между собой.

² Кница – угольник для жесткого соединения элементов набора корпуса судна, примыкающих друг к другу под углом.

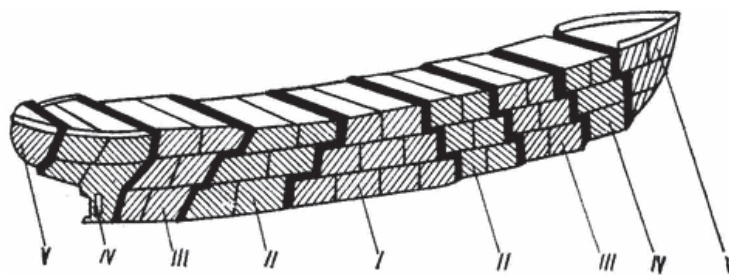


Рисунок 2 – Пирамидальный способ формирования корпуса судна:
I–V – последовательность сборки и сварки «пирамид» [2]

Невзирая на достоинства, пирамидальный метод организации имеет существенный недостаток: увеличивается количество циклов сборки, так как сварочные работы при таком способе невозможно вести более чем в двух местах одновременно. Как следствие, увеличивается время нахождения секции на построечном месте.

Островному способу присущи все положительные черты пирамидального, но он не имеет отрицательных черт последнего. Кроме того, для островного способа сборки характерно расширение возможного объема сборочных и сварочных работ и за счет этого – сокращение числа циклов постройки. Благодаря таким возможностям островной способ становится все более популярным среди российских и зарубежных производителей.

При островном способе сборки корпус судна делится на несколько (не больше 3–4) частей – островов, а затем их сборка осуществляется как на одном, так и на разных построечных местах одновременно (рис. 3). Финальным этапом становится их соединение в доке или на плаву. При сборке на плаву используется электродугловая сварка с применением защитного газа – ксенона.

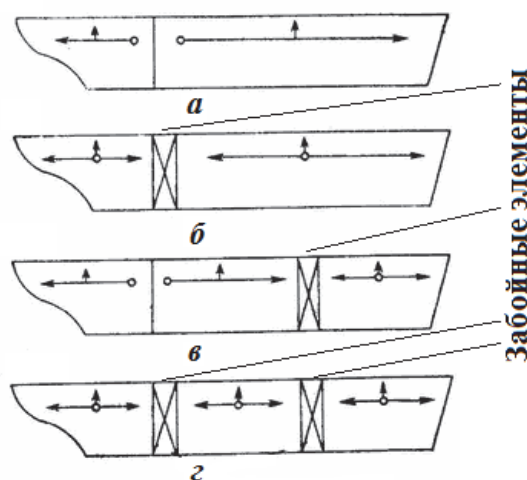


Рисунок 3 – Схема формирования корпуса судна островным способом: *а* – при одновременном формировании корпуса судна из двух «островов» без забойных элементов; *б* – при одновременном формировании корпуса из двух «островов» с забойными элементами по монтажному стыку; *в* – при одновременном формировании корпуса из трех «островов» с забойными элементами по одному монтажному стыку; *г* – при одновременном формировании корпуса из трех «островов» с забойными элементами по монтажным стыкам [2]

Собранные секции подразделяют на два вида:

- объемные – части корпуса, образующие замкнутые (полностью или частично) отсеки. К ним относятся днищевые секции со вторым дном; секции борта, включающие бортовые отсеки; секции оконечностей; секции ярусных надстроек;
- плоскостные – части днища и борта, состоящие из плоского полотнища.

Сварка и сборка секций обеих групп технологически идентичны. На полотнище в зависимости от разметки устанавливают балки основного направления, приваренные полуавтоматической электродуговой сваркой в атмосфере углекислого газа или автоматической сваркой под слоем флюса в одной или двух точках каждая. На полотнище размечаются контуры секции и линии установки группы узлов. После этого поперечные балки устанавливаются и крепятся к полотну. Главным преимуществом применения таких видов сварки является высокая производительность, превосходящая производительность ручной дуговой сварки в 5–10 раз за счет использования высокоамперного питающего тока и, как следствие, за счет глубокого проплавления свариваемого металла. При этом исключено выгорание компонентов металлического сплава, а следовательно, снижаются его потери.

Сборка блока секций начинается с размещения в специальные кильблоки секций днища. После установки нижней части интегрируют секции бортов и с помощью втулок и упоров размещают в определенном положении. Затем выполняются пригонка и сборка секций бортов с ранее установленными секциями днища. После этого размещают переборки, палубы и платформы.

Секции, составляющие блок, свариваются между собой симметрично с обеих сторон с использованием дополнительных сварных рам после завершения сборки всех секций, расположенных выше. Размещение палуб и платформ к борту осуществляется после завершения сварки всех составных частей блока. Сварка при этом выполняется методом автоматической сварки под слоем флюса с соблюдением допусков и зазоров, которые регламентированы в требованиях к конструкции.

На основе анализа технологий сборки и сварки судовых корпусов выделены наиболее приоритетные из них, отвечающие требованиям к постройке судна – островной способ формирования корпуса секционным методом и соединение деталей, узлов, секций и блоков корпуса способами электродуговой сварки, позволяющими за счет расширенного фронта сборочно-сварочных работ уменьшить число производственных циклов и, как следствие, в значительной степени сократить суммарное время постройки судна. Кроме того, отталкиваясь от самого принципа формирования островным способом, становится очевидным, что разбитое на части судно может быть собрано по отдельности в разных доках, решая возможную проблему недостаточных размеров построечных мест. Именно поэтому островной способ находит применение в большинстве современных отечественных и зарубежных судостроительных компаний.

Библиографический список

1. Россия строит новый атомный ледокол, универсальный и перспективный. 05.06.2020 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5ea5a68e65a8ef41509bb216/rossiia-stroit-novyi-atomnyi-ledokol-universalnyi-i-perspektivnyi-5ed97b3c6601df3182e25813> (дата обращения: 16.03.2022).
2. Сварка в судостроении // Компания «Кедр» [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://kedrweld.ru/blog/svarka-v-sudostroenii/> (дата обращения: 17.03.2022).
3. Сборка и сварка корпуса судна на построечном месте. Методы постройки судов и способы формирования их корпусов // STROITELSTVO-NEWS.RU [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://www.stroitelstvo-new.ru/sudostroenie/sborka/i-svarka-korporusa-sudna.shtml> (дата обращения: 09.04.2022).
4. Изготовление узлов, секций и блоков секций корпуса // STROITELSTVO-NEWS.RU [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://www.stroitelstvo-new.ru/sudostroenie/sborka/izgotovlenie-uzlov-sekcii-korporusa.shtml> (дата обращения: 10.04.2022).
5. Технологические процессы сборки и сварки секций [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://poisk-ru.ru/s32269t8.html>.

Александра Сергеевна Сылко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. УТб-312, Россия, Владивосток, e-mail: sylko12-03@mail.ru

Научный руководитель – Светлана Сергеевна Валькова, канд. техн. наук, доцент

**Применение грузозахватных приспособлений, их эксплуатация
и техника безопасности при их использовании в порту**

Аннотация. Для осуществления погрузо-разгрузочных работ как в порту, так и на некоторых судах необходимо специальное оборудование. От правильного выбора, его технических характеристик, параметров надёжности, а также грамотной эксплуатации и применения зависит не только время выполнения погрузочно-разгрузочных работ, но также и безопасность проведения грузовых операций. Грузозахватные приспособления применяются при любой грузоподъемной операции.

Ключевые слова: риск, грузозахватное приспособление, кран, грузоподъемная операция, погрузо-разгрузочные работы.

Alexandra S. Sylko

Far Eastern State Technical Fisheries University, UTb-312, Russia, Vladivostok, e-mail: sylko12-03@mail.ru

Scientific adviser – Svetlana S. Valkova, PhD, Associate Professor

**The use of cargo handling devices, their operation
and safety when using them in the port**

Abstract. To carry out loading and unloading operations, both in the port and on some ships, special equipment is required. The correct choice, its technical characteristics, reliability parameters, as well as competent operation and application depend not only on the time of loading and unloading operations, but also on the safety of cargo operations. Lifting devices are used for any lifting operation.

Keywords: risk, lifting device, crane, lifting operation, loading and unloading operations.

К основной грузоподъемной технике, используемой в портах по перевалке груза, относятся: перегрузочные машины, машины портовой механизации (автопогрузчики, контейнеровозы, краны и т.д.), машины специализированных перегрузочных комплексов, рельсовые крановые пути. Но помимо этого существуют специальные изделия, предназначенные для закрепления груза. Такими изделиями являются грузозахватные приспособления (ГЗП), которыми оснащены все грузоподъемные краны. Они не используются отдельно от крана, но являются съемным оборудованием, что дает возможность применять их на разных типах подъемно-транспортных машин с разным промежутком времени эксплуатации.

ГЗП представляют собой специально разработанные устройства, которые обеспечивают надежное закрепление грузов при их перемещении. Но как бы не были они надежны, приспособления являются потенциально опасной продукцией и должны соответствовать минимально установленным требованиям, которые фиксируются в нормативно-техни-

ческих документах. Создание грузозахватных приспособлений требуется производить согласно нормативным документам и технологическим картам. После этого происходит осмотр и соответствующие испытания по нагрузке, которая должна превышать паспортную грузоподъемность на 25 %. Далее они получают клеймо или прочно прикрепленную металлическую бирку, а также паспорт.

Риски возникновения опасных ситуаций. Статьей 4 Технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» установлена необходимость проведения анализа рисков машин и механизмов, в том числе для грузоподъемного оборудования. Это необходимо для минимизации рисков не только материальных потерь в случае аварий, но также с целью исключения травмирования людей.

Для решения данной проблемы необходимо вести постоянный анализ и контроль над состоянием ГЗП, определять причинно-следственные связи в случае выхода из строя оборудования, рассматривать режимы работы, условия и т.д. Кроме того, необходимы вероятностные оценки возможности ошибок человека, определение которых представляет ещё большую сложность. Поэтому и надёжность результата этого анализа полностью зависит от достоверности исходных данных.

Исходя из того, что риск присутствует всегда и везде, а также невозможно обеспечить абсолютную безопасность при осуществлении погрузки и разгрузки груза, вопросы проектирования, создания, внедрения и использования ГЗП необходимо полностью задокументировать и отразить в эксплуатационных документах.



Обрыв стропы крана при перегрузке контейнера

Грузозахватные приспособления, используемые в порту. На сегодняшний день в области транспортировки грузов собственными ГЗП оснащены многие суда. Это намного упрощает и ускоряет работу в портах, в которых происходит погрузка либо разгрузка грузов. В таких случаях судно обязано располагать такими документами, как: 1) регистрационная книга судовых грузоподъемных устройств; 2) соответствующие свидетельства; 3) сертификаты; 4) инструкции и т.д. Но если некоторые суда способны обойтись без данного оборудования, то для порта грузозахватные приспособления играют главную роль, поскольку используя их, обеспечивается эффективная работа перегрузочных машин.

ГЗП в основе своей являются важными элементами подъемно-транспортных машин, но случается так, что не во всех портах они соответствуют условиям работы. Тогда их заку-

пают отдельно и закрепляют на машины в порту. ГЗП увеличивают возможности эксплуатации подъемно-транспортного оборудования, а также влияют на результативность и усовершенствование технологии погрузо-разгрузочных операций.

В портах происходит эксплуатация различных ГЗП, многообразных видов и назначений. Как и в других сферах работы при применении ГЗП всегда важно помнить, про соблюдение техники безопасности и не забывать контролировать состояние самого оборудования. Так, в случае если у грузозахватного приспособления были произведены ремонтные работы какой-нибудь детали (либо её заменили) из несъемных конструкций, то работа с ним запрещается. Блоки, скобы, гаки, вертлюги, цепные противовесы, тройники обязательно должны быть маркированы и иметь соответствующие сертификаты. Использование бракованных деталей (например: слегка разогнутый грузовой гак) *не допускается*. Детали, которые были отправлены на ремонт либо заменены на новые, маркируются в соответствии с Регистром о проведенном испытании пробной нагрузкой. Без соответствующего клейма такая деталь в эксплуатации *не допустима*. Скобы грузовых гаков должны надёжно стопориться. Блоки должны подвергаться тщательному осмотру, который включает в себя разборку, очистку от грязи, ржавчины, а также провидение смазки. Среди прочего у всех тросов ГЗП не должно присутствовать сплесней, заломов и надрыва стрендей. Перед использованием каждый ГЗП проходит тщательную проверку. Только после ликвидации всех обнаруженных дефектов грузоподъемное устройство допускается вводить в эксплуатацию.

ГЗП, используемые при перегрузке контейнеров. При использовании как специализированного, так и универсального ГЗП происходит значительное повышение производительности труда и безопасности работ. Помимо этого происходит увеличение срока службы и снижение риска деформирования контейнеров, а также фитингов и рамных узлов при погрузочно-разгрузочных работах. Грузозахватные устройства, применяемые при перегрузке контейнеров, делятся на 4 группы:

- I. Универсальные (все стропы, в том числе текстильные);
- II. Съемные ГЗП, которые выполняются в виде траверс с гибкими тяговыми элементами;
- III. Траверсы рамного типа (грузовые рамы) со спец. замками, используемые при захвате контейнеров за верхние фитинги;
- IV. Ручные, полуавтоматические и автоматические ГЗУ, которые являются грузозахватными органами контейнерного крана (контейнерные захваты) или перегружателя.

При выполнении захвата контейнеров за нижние угловые фитинги применяются грузовые рамы с гибкими тяговыми элементами, которые оснащаются спец. захватами с замками под фитинг. В таком случае возможен вариант обработки контейнеров с использованием крана общего назначения. Иногда грузовые рамы, имеющие гибкие тяговые элементы, применяют при подъеме контейнеров за верхние фитинги. Кроме того, существует два вида грузовых рам: 1) специализированные, которые осуществляют подъем определенного вида контейнеров и 2) универсальные, производящие захват контейнеров различной длины. Также они необходимы при подъеме и перемещении деформированных контейнеров.

Перспективы развития ГЗП. Грузозахватные устройства являются важным элементом подъемно-транспортного оборудования, следовательно, их предстоящая модернизация влияет на характер и степень решения общетранспортных проблем. Бесспорно, на развитие ГЗП окажет влияние не только совершенствование кранов и погрузчиков, но также внедрение пакетного и контейнерного способов перевозки грузов. Это обеспечит наиболее эффективные условия взаимодействия ГЗП при перегрузке грузов. Также значительные воздействия на преобразование и совершенствование параметров ГЗП должны оказать улучшение характеристики и конструкции транспортных средств.

Благодаря многолетнему опыту при ПРР и использовании подъемно-транспортных машин происходит эффективное применение конструкций навесных ГЗУ к кранам и погрузчикам общего назначения. Используя такие средства, которые не требуют больших

затрат, возможно достижение роста производительности грузовых работ и обеспечения комплексной механизации.

Помимо этого для повышения эффективности производства ПРР большое значение будет играть популяризация и применение в работе ГЗП с дистанционным и автоматическим управлением. Их применение повысит эффективность управления крановым оборудованием и производительность труда такелажников и стропальщиков, обеспечит безопасность производства стропальных работ.

Значение ГЗП при ПРР на Дальнем Востоке. «В то время как порты Дальнего Востока испытывают большую нагрузку по каботажному направлению, специалисты Владивостокского морского торгового порта – лидера России по контейнерообороту – уверяют, что работают в штатном режиме без задержек» – сообщает СМИ за прошлый год по Приморскому краю.

Как отмечал полпред президента Юрий Трутнев в своём докладе: «Проблема с кризисом логистики коснулась всех портов Дальнего Востока. Из-за увеличившегося потока грузов после пандемии порты оказались загружены на полную мощность. Все справляются с загрузкой по-разному: Магаданскому порту даже пришлось ввести работу в ночную смену. За 9 месяцев 2021 года в порту обработали 558 281 TEU (TEU – эквивалент 20-футового контейнера). Этот показатель на 14 % больше по сравнению с аналогичным периодом 2020 года.

Перевалка каботажных грузов на Сахалин, Камчатку, Магадан, Чукотку в торговом порту в этом году тоже выросла – на 4 % больше по сравнению с 2020 годом. Для каботажного направления сейчас выделено три причала, каждый из которых активно функционирует, обрабатывая десятки судов в месяц».

Конечно, таких результатов можно добиться только благодаря упорной работе персонала, но также и немаловажную роль в этом заняли ГЗП, с помощью которых и происходила перевалка груза.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что для дальнейшего поддержания эффективной работы портов при сложившихся обстоятельствах ГЗП необходимо не только совершенствовать, но и следить за их состоянием.

Библиографический список

1. Такелажные работы на судне, виды и требования [Электронный ресурс]. <https://seaman.org/takelazhnye-raboty-na-sudakh.html#gruzozahvatnye-ustroystva-i-prisposobleniya> (дата обращения: 28.03.2022).
2. Как работает ВМТП во время дальневосточного кризиса [Электронный ресурс]. <https://primamedia.ru/news/1186321/> (дата обращения: 30.03.2022).
3. Организация технологической работы в портах [Электронный ресурс]. <https://lektcii.org/9-3541.html> (дата обращения: 01.04.2022).
4. Съёмные грузозахватные приспособления [Электронный ресурс]. <https://zakonbase.ru/content/part/606148?print=1> (дата обращения: 01.04.2022).
5. Использование грузозахватных приспособлений [Электронный ресурс]. https://studopedia.ru/19_75221_i-ispolzovanie-gruzozahvatnih-prisposobleniy.html (дата обращения: 02.04.2022).
6. Грузозахватные приспособления для перегрузки контейнеров [Электронный ресурс]. <https://logists.by/logistics/transport-logistics/gruzozahvatnye-prisposobleniya-dlya-obrabotki-konteynerov> (дата обращения: 09.04.2022).

Анастасия Дмитриевна Тынкова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. УТб-312, Россия, Владивосток, e-mail: anastasiatynkova@gmail.ru

Научный руководитель – Светлана Сергеевна Валькова, канд. техн. наук, доцент

Анализ российского рынка угля

Аннотация. Представлен анализ российского рынка угля. Рассмотрено, какие страны лидируют по добыче и потреблению угля. Приведен анализ роста и снижения цен угля за период 2020–2022 гг.

Ключевые слова: рынок угля, добыча угля, экспорт и импорт угля, угольная промышленность.

Anastasia D. Tynkova

Far Eastern State Technical Fisheries University, UTb-312, Russia, Vladivostok, e-mail: anastasiatynkova@gmail.ru

Scientific adviser – Svetlana S. Valkova, PhD, Associate Professor

Analysis of the Russian coal market

Abstract. The article presents an analysis of the Russian coal market. It is considered which countries are leading in coal production and consumption. The analysis of the growth and decline in coal prices for the period 2020–2022 is given.

Keywords: coal market, coal mining, export and import of coal, coal industry.

На сегодняшний день Россия занимает второе место по запасам угля, что составляет 18,2 % от общего объема мировых запасов. Россия – это одна из самых крупных угольных держав в мире, которая имеет богатую сырьевую базу.

Всего выделяют четыре основных вида угля:

- бурый уголь – легко добывается и самый дешевый, именно поэтому является самым востребованным в электростанциях, котельных и в химическом сырье;
- каменный уголь – применяется в энергетике, химической промышленности;
- антрацит – труднее всего добывается и достаточно дорогой. Применяется в энергетике, транспорте, быту и в металлургии;
- графит – применяются в промышленном производстве.

Также необходимо отметить, что уголь классифицируют в зависимости от содержания в нем влаги, углерода и природных газов.

Чаще всего в производстве используется два основных вида угля: энергетический и коксующийся. Отличительной особенностью их является применение в различном производстве.

Металлургическая отрасль, химическая промышленность и электрогенерация приносят наибольшую выгоду на продукцию угледобывающих компаний. Энергетический уголь, преимущественно каменный, используют в электрогенерации, из-за его низкой стоимости и большого выделения тепла. Необходимо отметить, что на энергетический уголь спрос

снижается, так как он является наименее экологичным. А в современных условиях популярность набирает программа «зеленая» энергетика. Уголь также используется и в металлургической отрасли. Потому что при помощи металлургического кокса, который образуется при обработке каменного коксующегося угля, изготавливается сталь. Бурый уголь и антрациты чаще используются в химической промышленности.

В настоящее время на угольную промышленность приходится 38 % мирового потребления энергоресурсов. Угольная промышленность стабильно развивается и увеличивает производственные показатели. Так, например, объем добычи угля на 2021 г. вырос более чем в 1,5 раза и составил 438 млн т в год. Также на значительный прирост угля повлияло то, что с 2000 г. начался поиск новых мест рождения угля, рис. 1.

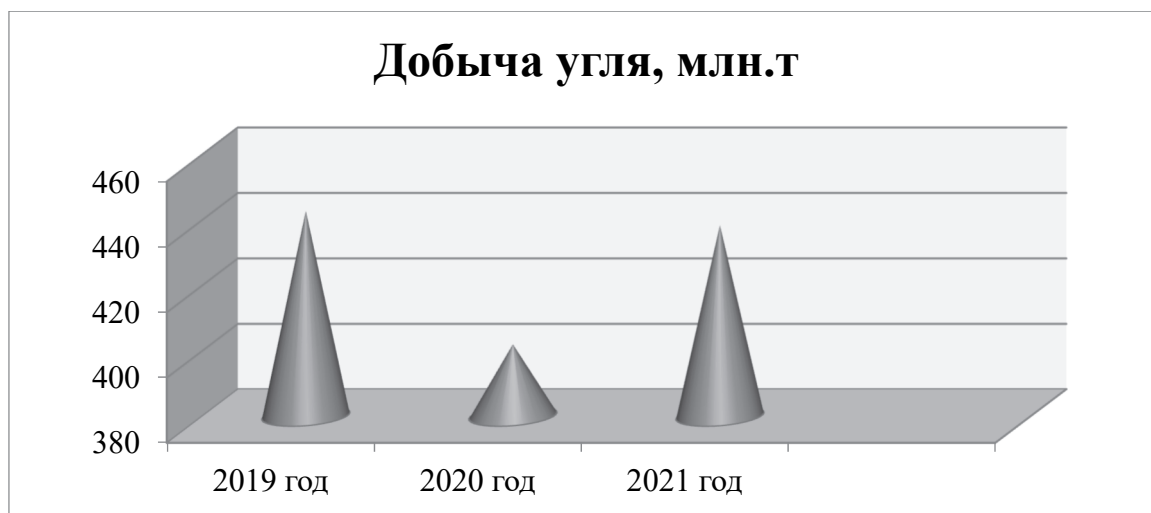


Рисунок 1 – Добыча угля в России за 2019–2021 гг.

На начало 2020 г. угольную добычу в Российской Федерации осуществляли 187 угольных предприятий, из которых 57 шахт и 130 разрезов.

Самые большие запасы угля находятся в восточных регионах страны, только около 60 % находится на Сибири. Также крупные залежи разного угля находятся в таких бассейнах, как Ленинский, Тунгусский, Кузнецкий. Россия имеет четыре основных угольно-промышленных бассейна: Кузнецкий (Кузбасс), Канско-Ачинский, Донецкий и Печорский.

Железнодорожная отрасль является одной из ближайших отраслей для угольной промышленности, так как основной ее перевозимый груз – уголь.

На территории России существует большое количество предприятий, которые занимаются добычей и обработкой угля. Крупнейшие из них:

- АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК);
- ОАО «Русский уголь»;
- ОАО «Уральская горно-металлургическая компания» (УГМК);
- «Востсибуголь»;
- «Мечел»;
- «Южный Кузбасс»;
- «СДС-уголь»;
- «Сибуглемент».

По средним объемам по добыче угля за 2021 г. выделяют следующих лидеров, они представлены на рис. 2.

Достаточное количество запасов угля имеют многие страны, но в основном их добыча приходится на удовлетворение внутренних нужд, а не на экспорт. В России часть угля остается для использования на внутреннем рынке, например, для бытовых нужд, машиностроения и многих других сфер деятельности. А другая часть угля уходит на экспорт.

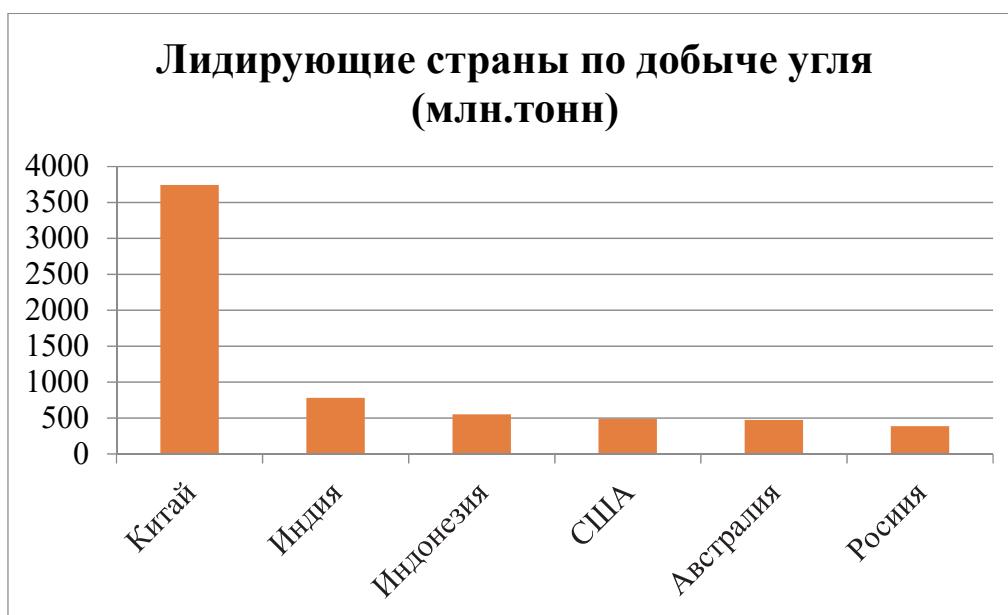


Рисунок 2 – Лидирующие страны по добыче угля за 2021 г.

На сегодняшний день выделяют трех лидеров по экспорту угля: Австралия, Индонезия, Россия. Австралия поставляет более 40 % металлургического угля. Индонезия вышла в лидеры совсем недавно, и ее часть поставок приходится на энергетический уголь. Россия является экспортером энергетического угля, его экспорт растет уже много лет, а вот экспорт металлургического угля держится на одном уровне.

Основными крупными импортерами угля являются азиатские страны, а именно: Китай, Индия, Япония, Южная Корея, рис. 3.

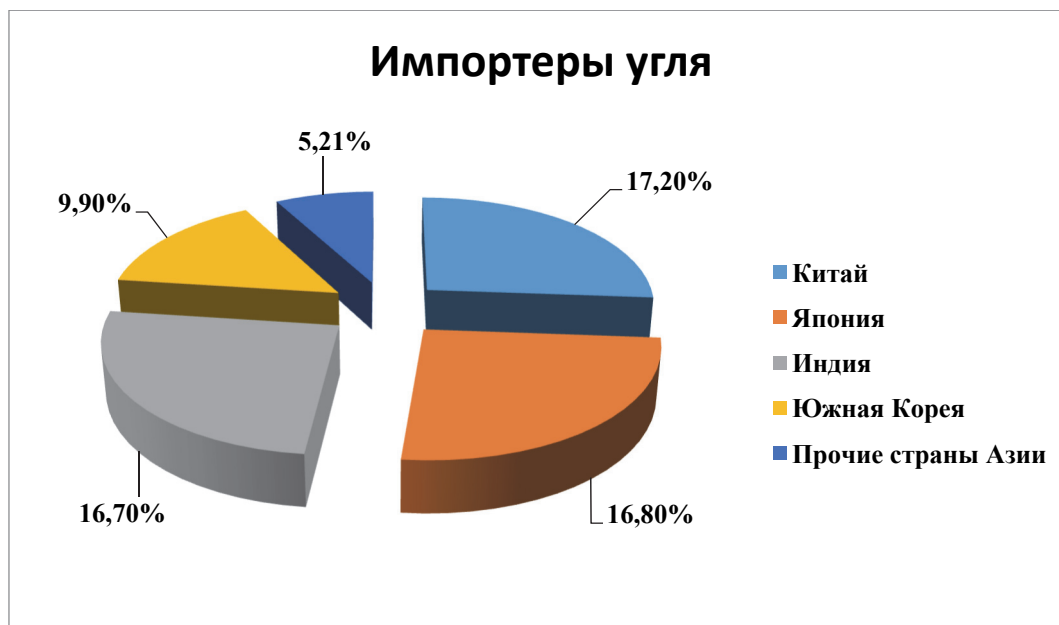


Рисунок 3 – Крупные импортёры угля

С начала пандемии, в начале 2020 г., экспорт российского угля составил 46,5 млн т, что на 14,3 % меньше по сравнению с предыдущим годом. На западном направлении случилось самое большое падение экспорта, по причине того, что страны ЕС снизили свои закупки российского угля за январь-март 2020 г. Но в страны Азиатско-Тихоокеанского региона поставки увеличились на 0,67 млн т.

Неблагоприятные моменты встретились и во второй половине 2020 г. Поставки угля на внутренний рынок России снизились на 11,6 %, а экспорт снизился на 5,6 %. По причине того, что мировые цены снизились, уменьшился и спрос на уголь. И из-за этого компаниям пришлось снижать объемы по добыче угля, он снизился на 9,6 % к прошлому году.

В 2020 г. наибольший объем каменного угля был отправлен в Китай – 29,4 млн т, затем в Южную Корею с долей 11,6 % (23,1 млн т), а в Японию отправили 10,8 % (21,4 млн т) от общего объема экспортных поставок, рис. 4.



Рисунок 4 – Экспорт угля из России в 2020 г.

По данным Росстата, за первые шесть месяцев 2021 г. в России добыли 209,8 млн т угля, что на 8,7 % больше показателей прошлого периода 2020 г. За 2021 г. Россия экспортировала 227 млн т угля. 50,4 млн т угля было отправлено в Европу, в страны Азиатско-Тихоокеанского региона – 129 млн т, в Китай – 52 млн т угля, а в Индию – 6,6 млн т.

Как говорится в материалах Центрального диспетчерского управления ТЭК, за январь-февраль 2022 г. добыча угля в России увеличилась на 2,1 % по сравнению с периодом прошлого года до 71,718 млн т. Экспорт российского угля в феврале уменьшился на 5,5%, до 14,35 млн т.

Сложившаяся ситуация между Россией и Украиной сказалась и на ограничении поставок угля. Из-за этой ситуации цены на уголь в феврале 2022 г. значительно возросли. Спрос на уголь увеличился из-за санкций, которые выдвинули России и из-за возможного ограничения поставок.

Угольная промышленность в России стабильная, но об ее будущем трудно сказать, так как спрос на уголь снижается в связи с тем, что многие страны переходят на сторону проектов «зеленой» энергетики. Из-за того, что спрос на уголь уменьшился, стоимость и затраты для транспортировки и добычи увеличились. Именно поэтому Россия начала делать упор на экспорт угля в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, так как там спрос на уголь растет.

В заключение хотелось бы сказать, что угольная промышленность, несмотря на существующие проблемы, включая снижение спроса, остается одной из ведущих в народном хозяйстве Российской Федерации. Рынок угля в России является достаточно стабильным и бюджетным, несмотря на уменьшение добычи и скачок цен.

Библиографический список

1. «Программа развития угольной промышленности России до 2035 года» от 2019 года [Электронный ресурс]. <https://docs.cntd.ru/document/565123539> (дата обращения: 26.03.2022).
2. Рынок угля [Электронный ресурс]. <https://niejournal.ru/world-coal-market/> (дата обращения: 26.03.2022).
3. Рынок угля (аналитический обзор) [Электронный ресурс]. https://vk.com/doc241461474_634022616?hash=70c001e1829e44bb31&dl=83e48442bc57de92c0 (дата обращения 27.03.2022).
4. Мировой рынок угля [Электронный ресурс]. <https://fin-plan.org/blog/investitsii/mirovoy-rynok-uglya/> (дата обращения: 27.03.2022).
5. Итоги работы угольной промышленности России за январь-март 2021 года [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/itogi-raboty-ugolnoy-promyshlennosti-rossii-za-yanvar-mart-2021-goda/viewer> (дата обращения: 28.03.2022).
6. Более экологическое будущее начинается с перехода от угля к альтернативным источникам энергии [Электронный ресурс]. <https://www.imf.org/ru/News/Articles/2020/12/08/blog-a-greener-future-begins-with-a-shift-to-coal-alternatives> (дата обращения: 28.03.2022).

Секция 6. ИНЖЕНЕРНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ

УДК 62.237

Анастасия Романовна Богомякова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Россия, Владивосток, e-mail: anastasiaro244@gmail.com

Научный руководитель – Сергей Владимирович Куличков, канд. техн. наук, доцент

Инновационная конструкция подъемных механизмов для вилочных погрузчиков

Аннотация. Основное внимание уделяется инновационной конструкции нового подъемного механизма для вилочного погрузчика. Предлагается пространственный многозвенный подъемно-направляющий механизм. А затем при ограничениях этого механизма теоретически исследуется подвижность вилки и рамы вилки. В конце представлен новый подъемный механизм, основанный на этом же механизме.

Ключевые слова: грузоподъемник, вилочные погрузчики, направление жесткого тела, гибкий метод вождения, кинематический.

Anastasia R. Bogomyakova

Far Eastern State Technical Fisheries University, Russia, Vladivostok, e-mail: supersport252@gmail.com

Scientific adviser – Sergey V. Kulichkov, PhD, Associate Professor

Innovative design of the lifting mechanisms for forklift trucks

Abstract. This article focuses on the innovative design of a new lifting mechanism for a forklift truck. A spatial multi-link lifting and guiding mechanism is proposed. And then, with the limitations of this mechanism, the mobility of the fork and the fork frame is theoretically investigated. At the end, a new lifting mechanism based on the same mechanism is presented.

Keywords: forklift, forklifts, rigid body direction, flexible driving method, kinematic.

Вилочные погрузчики обычно используются на железнодорожных станциях, складах, в портах и на заводах для погрузки, разгрузки и транспортировки. Вилочный погрузчик общего назначения со сбалансированной массой состоит из шасси и рабочего устройства, которое можно наклонять и поднимать вертикально.

Однако обычные вилочные погрузчики имеют следующие основные недостатки. Во-первых, система мачты, состоящая из нескольких крупных компонентов, будет плохо влиять на поле зрения водителя, поскольку она расположена перед водителем, что может привести к аварии. Кроме того, мачтовая система играет важную роль в поддержании грузов и направлении рамы вилок для вертикального подъема. Поэтому его прочность и жесткость должны быть достаточно высокими, а собственный вес должен быть увеличен.

Расширение обзора водителя всегда было важным исследовательским проектом. Некоторые типы грузовиков имеют улучшенную видимость за счет изменения формы мачты, в то время как другие используют методы визуального наведения с помощью мобильной камеры и манипулирования пространством или наведения с помощью компьютерного зрения. Эти грузовики имеют лучшую видимость для водителей, но они не являются фундаментальным решением для преодоления нехватки основных конструкций мачты, и проблема большого собственного веса также не решена полностью.

В целях повышения комфорта и безопасности водителей, а также снижения энергопотребления в данной статье разберём инновационные конструкции подъемного механизма для виловых погрузчиков. А также предложим пространственный многозвенный подъемно-направляющий механизм, а затем представим новую разновидность подъемного механизма на его основе. Этот механизм не только расширяет поле зрения водителя, но и снижает общий вес автомобиля.

Как известно, плоская RRR -цепь с открытой цепью, состоящая из трех вращающихся пар и двух звеньев, создает плоские движения. Предположим, что две такие плоские RRR -рычаги расположены в двух плоскостях с некоторым ненулевым стягиваемым углом. Концы двух звеньев RRR с открытой цепью соединены с одним и тем же твердым телом через вращающиеся пары (рис. 1). Звено 1 является основанием, а твердое тело 4 связано с основанием двумя параллельными RRR -кинематическими цепями, ABC и DEF . Легко обнаружить, что эти две цепи представляют собой плоские RRR -кинематические связи. Поэтому траектория твердого тела 4 должна быть параллельна обеим плоскостям α и β . То есть твердое тело 4 может совершать свободное перемещение только параллельно линии пересечения mn двух плоскостей. В результате траектория твердого тела 4 представляет собой прямую линию.

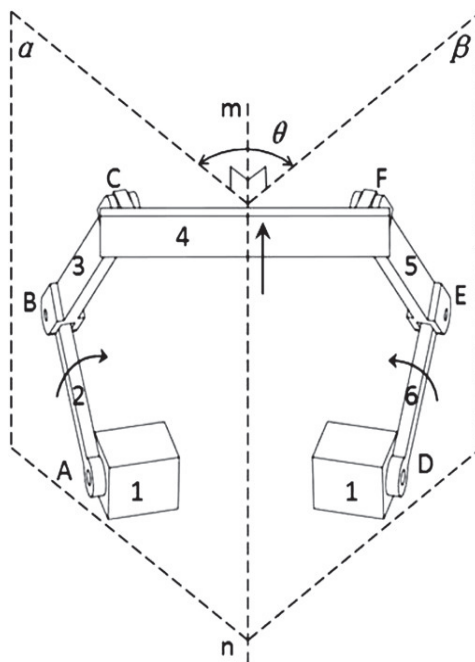


Рисунок 1 – Пространственная многозвенная структура

Кривошипно-ползунковый механизм является распространенным механизмом, в котором используется структура RRR с открытой цепью. Однако в приложениях кривошипно-ползункового механизма мертвые точки могут привести к отказу срабатывания. Чтобы улучшить стабильность и избежать мертвых точек, заменим RRR -кинематические цепи на RPR -кинематические цепи, которые состоят из двух вращательных пар и одной призматической пары и также могут генерировать только плоские движения без мертвых точек.

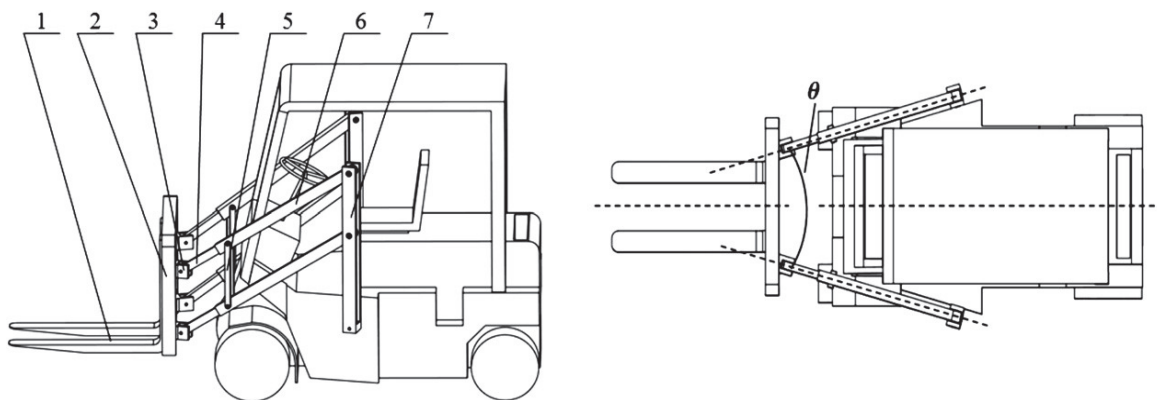


Рисунок 2 – Новый подъёмно-направляющий механизм:
1 – вилка; 2 – рама вилки; 3 – прессованная вращающаяся пара; 4 – шатун;
5 – ограничительный стержень; 6 – салазки; 7 – опорный блок

Предположим, что две вертикальные плоскости, в которых расположены опорные блоки и их RPR-кинематические цепи, симметричны относительно продольной плоскости транспортного средства (рис. 2), стягиваемый угол между двумя плоскостями обозначается θ . Две RPR-кинематические цепи размещены в двух плоскостях соответственно. Каждая RPR-кинематическая цепь включает две вращательные пары и одну призматическую пару, шатун и направляющую. Шатун и направляющая соединены призматической парой. Рама вилки имеет две экструдированные вращающиеся пары, соединенные концами двух RPR-кинематических цепей.

Кроме того, можно повысить прочность и жесткость, добавив еще одну аналогичную кинематическую цепь в каждой вертикальной плоскости, в которой расположены опорные блоки, для соединения рамы вилки и шасси грузовика. Поскольку пути верхней и нижней кинематических цепей параллельны, ограничительные стержни обеспечивают избыточные ограничения, улучшают жесткость и устойчивость механизма управления подъемом и грузоподъемность.

Теперь проанализируем кинематические принципы пространственного многозвенного подъёмно-направляющего механизма. Для исследования степени свободы вилочной рамы можно установить декартову систему координат, где XOY - плоскость, определяемая осями вращающихся пар A и D (рис. 3).

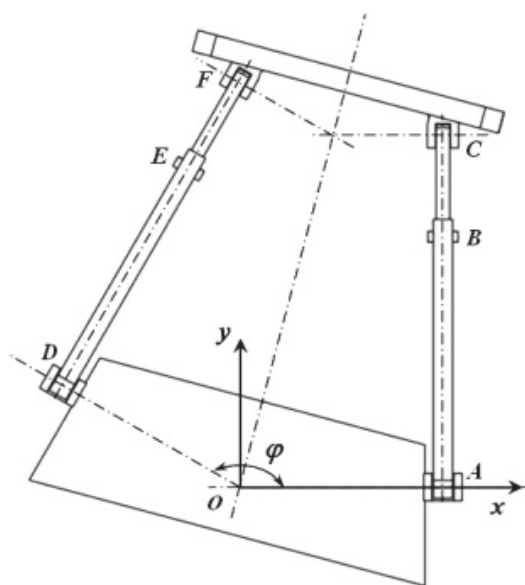


Рисунок 3 – Декартова система координат

Предположим, что стягивающий угол осей вращающейся пары D и вращающейся пары A обозначен через φ . Координаты A и D равны $(a; 0; 0)$ и $(a \cos \varphi; a \sin \varphi; 0)$ соответственно. Кроме того, координаты C и F могут быть выражены как $(a; y_c; z_c)$ и $(x_f; y_f; z_f)$.

Нетрудно найти, что оси вращающихся пар A и C параллельны, так же как и оси вращающихся пар D и F. $S_1 = (1; 0; 0)^T$ обозначает вектор направления осей вращательных пар A и C, $S_2 = (\cos \varphi; \sin \varphi; 0)^T$ обозначает единичный вектор направления осей вращательных пар D и F, $S_3 = (0; y_c; z_c)^T$ обозначает вектор направления призматической пары B и $S_4 = (x_f - b \cos \varphi; y_f - \sin \varphi; z_f)$ обозначает вектор направления призматической пары E.

В соответствии с винтовой теорией винтовая матрица концевых связей кинематической цепи может быть получена путем решения обратного винтового уравнения

$$\mathcal{S}^T E \mathcal{S}^T = 0,$$

где \mathcal{S} – кинематическая винтовая матрица, \mathcal{S}^T – винт терминальной связи.

Кинематическая винтовая матрица кинематической цепи ABC может быть выражена как

$$\mathcal{S}_{ABC} = [\mathcal{S}_A; \mathcal{S}_B; \mathcal{S}_C] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & y_c & z_c \\ 1 & 0 & 0 & 0 & z_c & -y_c \end{bmatrix}^T.$$

Следовательно, можно получить матрицу винтовых ограничений терминала, состоящую из набора базовых винтов винтовой системы терминальных ограничений

$$\mathcal{S}_{ABC}^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Аналогично получается винтовая матрица терминальных ограничений кинематической цепи DEF

$$\mathcal{S}_{DEF}^T = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sin \varphi & -\cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Следовательно, винтовая матрица терминальных ограничений на CF может быть выражена как

$$\mathcal{S}_{CF}^T = [\mathcal{S}_{ABC}^T; \mathcal{S}_{DEF}^T].$$

Согласно первому уравнению, кинематическая винтовая матрица системы координат CF может быть получена исключительно

$$\mathcal{S}_{CF} = (0; 0; 0; 0; 0; 1)^T.$$

Это доказывает, что вилочная рамка имеет только одну степень свободы вдоль направления z , т. е. траектория вилочной рамки ограничена прямой линией. В соответствии с ограничениями механизма управления подъемом рама вилки может подниматься и опускаться перпендикулярно земле.

Чтобы поднимать грузы, не влияя на поле зрения водителя, можно использовать лебедку и тросы из мягкой стали для подъема вилки и рамы вилки (рис. 4) Можно установить лебедку в задней части вилочного погрузчика и разместить несколько шкивов и опорных стержней на верхней части кабины. Один конец каждого троса соединяется с рамой вилки, а другой конец крепится к брашпилю. Когда лебедка работает, тросы поднимают или опускают раму вилки.

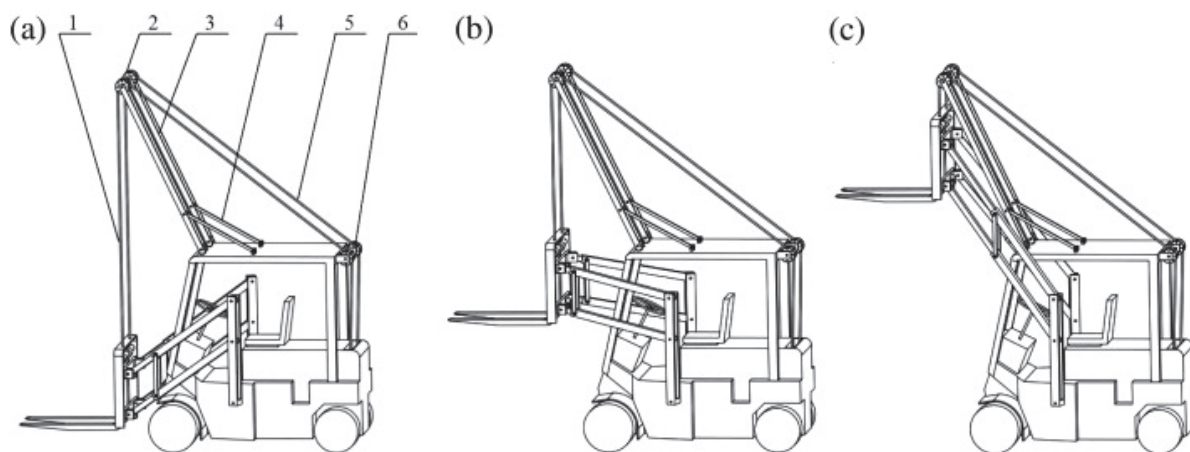


Рисунок 4 – Внедрение нового подъемного механизма и компьютерного моделирования:
1 – рама вилки; 2 – передний шкив; 3 – передние опорные тросы; 4 – задние опорные тросы;
5 – тросы; 6 – задний шкив

Чтобы проверить, может ли этот тип вилочного погрузчика выполнять желаемые движения и особенно гарантировать вертикальное поднятие рамы вил, используется программное обеспечение Pro/engineer для имитации его движения. На рис. 4, а, б и в показаны разные положения, когда механизм поднимает вилку и раму вилки вверх. Из моделирования видно, что траектория вилки и рамы вилки представляет собой прямую линию, перпендикулярную земле. Кроме того, без мачтовой системы водитель лучше видит вперед и назад.

Этот тип подъемного механизма состоит из гибкого тросового привода и направляющей жесткого тела с лучшими конструктивными характеристиками. Манипуляторы с тросовым приводом были широко исследованы в приложениях из-за их уникальных преимуществ, таких как низкая инерция, малый вес и т.д. [10]. Нетрудно обнаружить, что вес товаров поддерживается в основном тросами. Следовательно, требования к прочности и жесткости подъемно-направляющего механизма ниже, и в результате его вес может быть уменьшен.

Между тем, по сравнению с компонентами обычных вилочных погрузчиков, такими, как цилиндр, цепи, цепные колеса и система мачты, этот тип подъемного механизма использует лебедку, тросы и несколько шатунов. Их вес меньше, а центр тяжести у них смещен назад. Следовательно, вес заднего балансира значительно снижается, и общий вес погрузчика становится намного меньше. Таким образом, предлагаемый вилочный погрузчик снижает потребление энергии и улучшает топливную экономичность транспортного средства.

Библиографический список

1. Horberry T., Larsson T.J., Johnston I., Lambert J. Forklift safety, traffic engineering and intelligent transport systems: a case study // *Applied Ergonomic*. 2004. № 35. P. 575–581.
2. Rechnitzer G., Larsson T.J. Forklift Trucks and Severe Injuries: Priorities for Prevention, 1992 Available from: <http://www.globaldegrees.com/muarc/reports/muarc030c.pdf>, [cited March 22, 2010].
3. Dunnhow R.L. How to buy a forklift truck // *Plant Engineering*. 2002. № 56. P. 40–44.
4. Seelinger M., Yoder J.D. Automatic visual guidance of a forklift engaging a pallet // *Robotics and Autonomous Systems*. 2006. № 54. P. 1026–1038.
5. Gariboto G., Masciangelo S., Bassino P., Coelho C., Pavan A., Marson M., Bailey E. Industrial exploitation of computer vision in logistic automation:.
6. Autonomous control of an intelligent forklift truck. In: *Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Robotics & Automation*, Leuven, Belgium. P. 1459–1464.

7. Pradalier C. Vision-based handling tasks for an autonomous outdoor forklift, *Field and Service Robotics*, Springer, Berlin/Heidelberg, 2008, pp. 61–70, doi:10.1007/978-3-540-75404-6_6.
8. Fung R.F., Chen K.W., Yen J.Y. Fuzzy sliding mode controlled slider-crank mechanism using a PM synchronous servo motor drive // *International Journal of Mechanical Sciences*. 1999. № 41. P. 337–355.
9. Ojeda L., Borenstein J. Reduction of odometry errors in over-constrained mobile robots, *Proceedings of the UGV Technology Conference at the 2003 SPIE Aero Sense Symposium*, Orlando. 2003. Vol. 5083. P. 431–439.
10. Zhao J.-S., Feng Z.-J., Chu F.-L. *Analytical Theory of Degrees of Freedom for Robot Mechanisms*, Science Press, Beijing, 2009.
11. S. Behzadipour, Kinematics and dynamics of a self-stressed Cartesian cable-driven mechanism, *Journal of Mechanical Design* 131 (2009) 061005, doi:10.1115/1.3125206.

Максим Сергеевич Владимиров

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Россия, Владивосток, e-mail: maxvlad2002@gmail.com

Научный руководитель – Сергей Владимирович Куличков, канд. техн. наук, доцент

Моделирование противораскачивающего устройства судового крана

Аннотация. Рассматривается недостаток исследований в области противораскачивания судовых кранов с высокой степенью поворачиваемости путем разработки динамической модели и системы управления противораскачиванием для судового крана с поворотной стрелой, установленного на борту судна, испытывающего качку корабля. Чтобы обеспечить контроль над раскачиванием, самонастраивающийся модификатор траектории, препятствующий раскачиванию, сочетается с нелинейным контроллером режима скольжения и оптимизатором нелинейной траектории. Испытанная в моделировании на корабле с при волнении моря 6 баллов, система с отключенной самонастройкой обеспечила 64% уменьшение средней среднеквадратической ошибки между желаемым и фактическим положениями полезной нагрузки по траекториям x и y . Возможность самонастройки модификатора траектории, препятствующего раскачиванию, обеспечивала 74% снижение при тех же условиях. Также было показано, что самонастраивающаяся система антираскачки устойчива к ошибкам в параметрах системы, где ошибки до $\pm 20\%$ в смоделированном кране привело к максимальному увеличению среднеквадратичной ошибки на 6.3 %. В ходе моделирования показано, что система управления защитой от раскачивания очень эффективна при отслеживании изменяющейся во времени траектории полезного груза для крана с поворотной стрелой с семью степенями свободы и уменьшении нежелательного движения полезного груза, а также устойчива как к внезапным волнениям, так и к ошибкам в параметрах системы.

Ключевые слова: противоскользкий контроль, судовой кран, кран с поворотной стрелой, самонастраивающееся управление, управление режимом скольжения, двойные кватернионы.

Maxim S. Vladimirov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Student, Russia, Vladivostok, e-mail: maxvlad2002@gmail.com

Scientific adviser – Sergey V. Kulichkov, PhD, Associate Professor

Modeling the anti-sway device of a ship crane

Abstract. This paper addresses the lack of research in the anti-swaying of highly steerable ship cranes by developing a dynamic model and anti-sway control system for a ship's jib crane installed aboard a vessel experiencing ship roll. To provide sway control, a self-adjusting anti-sway trajectory modifier is combined with a non-linear slip mode controller and a non-linear trajectory optimizer. Tested in simulations on a ship with 6 seas, the system with self-tuning disabled provided a 64% reduction in mean rms error between the desired and actual payload positions along the x and y trajectories. The ability to self-adjust the anti-sway trajectory modifier provided a 74 % reduction under the same conditions. The self-tuning anti-sway system has also been shown to be robust to errors in system parameters,

where errors of up to $\pm 20\%$ in a simulated crane resulted in a maximum increase in rms error of only 6.3 %. Simulations show that the anti-sway control system is very effective in tracking the time-varying payload trajectory for a seven-DOF jib crane and reducing unwanted payload movement, and is robust to both sudden disturbances and errors in system parameters.

Keywords: Anti-sway control, Shipboard crane, Knuckle boom crane, Self-tuning control, Sliding mode control, Dual quaternions.

Судовые краны играют важную роль во многих морских операциях и учитывая возможность работы в условиях открытого моря, важно разработать систему управления, которая может поддерживать положение полезной нагрузки, несмотря на движение судна. Однако краны представляют собой системы с недостаточным приводом и имеют больше степеней свободы, чем можно контролировать. Для судового крана с поворотной стрелой, стрела и удлинитель полностью приводятся в действие поворотным двигателем и гидравлическими приводами, однако полезная нагрузка может свободно поворачиваться, и ее точное положение не может напрямую контролироваться в трехмерном пространстве [1]. Таким образом, противораскачивающий контроль кранов является важной и сложной проблемой управления, которая привлекает внимание исследователей в течение последних нескольких десятилетий.

Для решения немногочисленных исследований по противораскачиванию для меняющихся во времени траекторий и крановых систем с более высокой степенью свободы. Для козловых и морского кранов была разработана система управления противораскачивания, которая требовала, как универсального модификатора траектории, предназначенного для обеспечения компенсации раскачивания, так и подходящего контроллера, позволяющего крану отслеживать измененную траекторию. При разработке подходящего контроллера было обнаружено, что для стандартного пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) контроллера оказалось достаточно козлового крана с пятью степенями свободы, он не мог адекватно управлять краном с поворотной стрелой с шестью степенями свободы. Кран с поворотной стрелой требовал нелинейного контроллера скользящего режима (SMC). SMC – это мощный контроллер, который может обеспечить надежность системы, необходимую для судовых кранов, однако для реализации контроллера скользящего режима на судовом кране с поворотной стрелой требуется динамическая модель крана.

Динамическое моделирование кранов с поворотной стрелой в последнее десятилетие привлекло внимание исследователей. В паре статей, опубликованных в 2013 г., разработали динамическую модель и систему управления для крана с гидравлической поворотной стрелой, используемого для перемещения труб. Сосредоточив внимание на электрогидравлической системе управления, кран был плоским с четырьмя степенями свободы и не имел никакого управления против раскачивания. В 2018 г. смоделировали судовой кран с поворотной стрелой с шестью степенями свободы, используя теорию винтов, исследовали взаимодействие между движением корабля и раскачиванием маятника, а в 2019 г. разработали антираскачивающий регулятор с использованием маятникового демпфирования по нелинейной системе управления МПК [2].

Динамическая модель должна иметь более высокую точность, чем обычно представлено в литературе, и включает массу и инерцию цилиндров и штоков гидравлического привода, массу и инерцию шкивов и лебедки, реалистичный угол падения троса и внутреннюю динамику привода. Реакции привода оцениваются с помощью передаточных функций первого порядка и включают мертвые зоны с пределами насыщения. Уравнения движения получены с использованием подхода Лагранжа, а кинематика крана разработана с использованием как матриц преобразования, так и двойных кватернионов для сравнения вычислительной эффективности. Будущие исследователи смогут использовать комплексную динамическую модель, разработанную в текущей работе, для изучения большего количества операций судовых кранов и разработок контроллеров.



Рисунок 1 – Кран с поворотной стрелой с семью степенями свободы, установленный на борту корабля

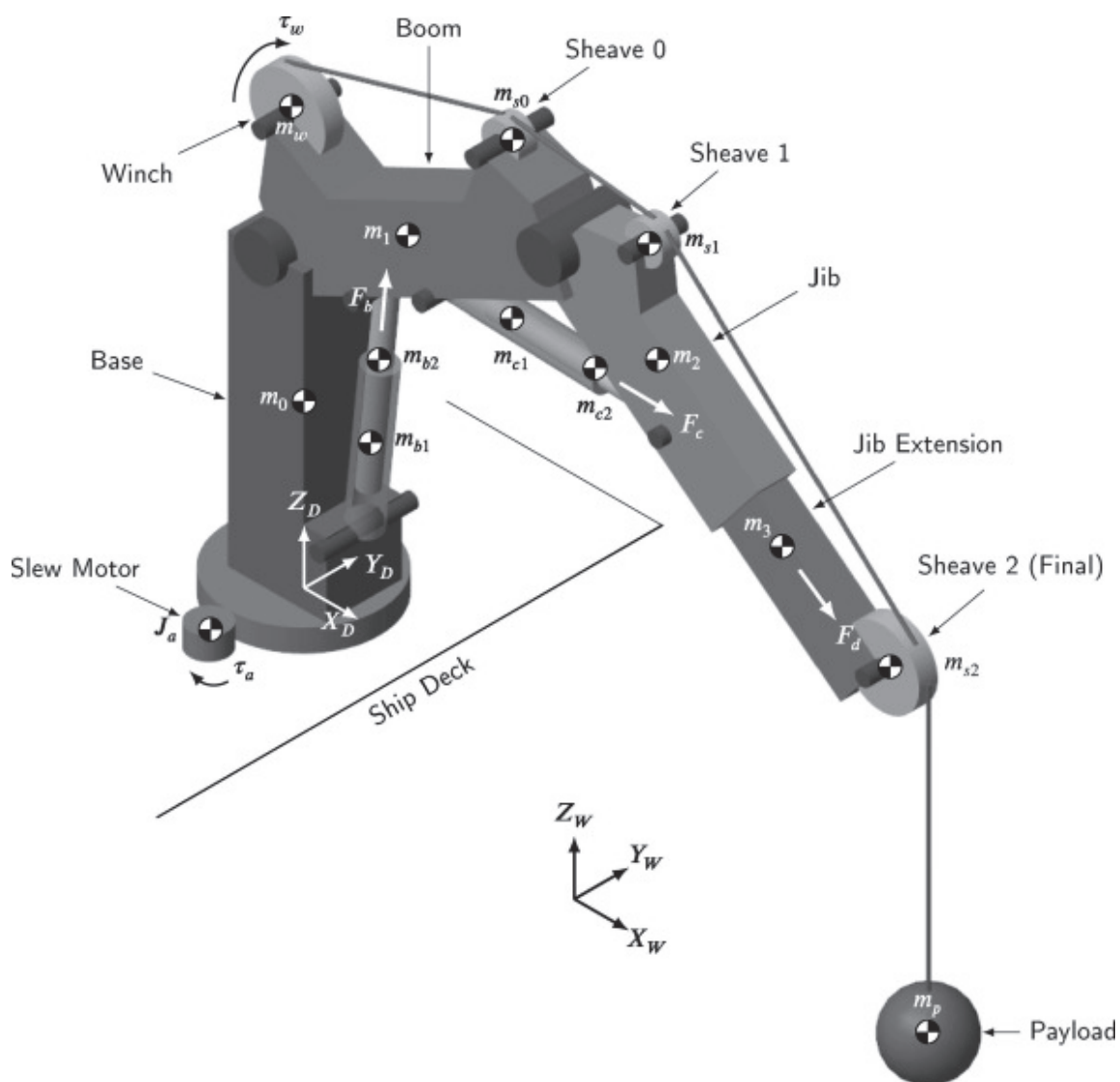


Рисунок 2 – 3D-рендеринг крана с поворотной стрелой с расположением каждого центра тяжести, приложенными силами, системой координат палубы.(XYZ)D и система координат мира (XYZ)W

Кроме того, реализовано противораскачивающее управление на смоделированном кране с поворотной стрелой с семью степенями свободы с использованием надежной обобщенной стратегии модификации траектории с новыми параметрами самонастройки [3].

Крановая система управляется SMC, который использует уравнения движения крана. Кроме того, предлагается новый нелинейный оптимизатор траектории, который позволяет конечнику крана с избыточным приводом отслеживать желаемую, изменяющуюся во времени, траекторию.

На рис. 2 показана визуализация крана с поворотной стрелой с семью степенями свободы, который находится в центре внимания текущей работы. Кран моделируется в виде четырнадцати твердых тел, соединенных вращательными и призматическими соединениями.

Библиографический список

1. Dynamic modeling and self-tuning anti-sway control of a seven degree of freedom ship-board knuckle boom crane [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S088832702030827X?via%3Dihub> (дата обращения: 30.03.2022).
2. Event Visualization and Trajectory Tracking of the Load Carried by Rotary Crane [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/2/480> (дата обращения: 30.03.2022).
3. Motion compensation for maritime cranes during time-varying operations at the pendulum's natural frequency [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094114X21003177> (дата обращения: 30.03.2021).

Дмитрий Олегович Галетов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Россия, Владивосток, e-mail: d.galetov@yandex.ru

Научный руководитель – Сергей Владимирович Куличков, канд. техн. наук, доцент

Геометрическая модель для прогнозирования поведения цепи вариатора

Аннотация. Цепи вариатора стали широко использоваться в транспортных средствах, потому что скольжение между частями очень мало, что обеспечивает эффективную передачу мощности. Однако движение, вызванное входом и выходом штифтов цепи вариатора один за другим в шкивы во время процесса передачи мощности, приводит к периодическому движению всей цепи. Известно, что такое поведение влияет на шум и другие основные характеристики вариаторов. Поэтому важно изучить геометрические характеристики цепи, которые влияют на периодическое движение, такие как форма и размеры частей. В этом исследовании основное внимание уделялось кривой поперечного сечения штифтов цепи вариатора и изучена оптимальная форма для уменьшения вибрации хорды цепи. Влияние различий в кривой поперечного сечения штифта на шумовые характеристики было предсказано с помощью геометрической модели.

Ключевые слова: бесступенчатая коробка передач (cvt), цепь, геометрическая модель, пояс, вибрация, шум, кривая профиля штифта, кривая поперечного сечения штифта, геометрическая теория.

Dmitrii O. Galetov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Russia, Vladivostok, e-mail:
d.galetov@yandex.ru

Scientific adviser – Sergey V. Kulichkov, PhD, Associate Professor

Geometric model for predicting the behavior of a variator circuit

Abstract. CVT chains have become widely used in vehicles because the slip between parts is very small, which enables efficient power transmission. However, the motion caused by the pins of the CVT chain entering and leaving the pulleys one after another during the power transmission process results in periodic motion of the whole chain. This behavior is known to affect noise and other basic performance aspects of CVTs. Therefore, it is important to study the geometrical specifications of the chain that affect periodic motion, such as the shape and dimensions of the parts. This research focused on the cross-sectional curve of the pins of a CVT chain and studied the optimal shape to reduce the vibration of the chain chord. The influence of differences in the pin cross-sectional curve on noise performance was predicted by a geometric model. The validity of this geometric model was verified by measuring the noise of a prototype chain.

Keywords: continuously variable transmission (cvt,) chain, geometric model, belt vibration, noise, curve of pin profile, pin cross-sectional curve, geometric theory.

Нормы по выхлопным газам и требования по топливной эффективности для автомобилей становятся более строгими с каждым годом. Бесступенчатые трансмиссии широко применяются как один из подходов, помогающих удовлетворить эти требования.

Хотя в наиболее распространенном типе вариаторов используется ремень, цепи все более широко используются в качестве элемента передачи мощности, поскольку скольжение между частями очень мало, что обеспечивает эффективную передачу мощности. Однако движение, вызванное входом и выходом штифтов цепи вариатора один за другим в шкивы во время процесса передачи мощности, приводит к периодическому движению всей цепи. Известно, что такое поведение влияет на шум и другие основные характеристики вариаторов. Это поведение меняется в зависимости от расстояния между штифтами (т.е. «шага»). Также это зависит от формы деталей, составляющих цепочку. Поэтому важно изучить геометрические характеристики цепи, которые влияют на периодическое движение, такие как форма и размеры частей. В прошлом изучались различные методы прогнозирования характеристик цепей вариатора. Эти методы делятся на три большие категории.

Первый метод включает геометрические исследования, связанные с периодическим движением. Попытки увеличить эффективность вариатора привели исследователей к необходимости изменить форму цепи, чтобы уменьшить относительную скорость между штифтами и шкивами, когда штифты ударяются о шкивы. В результате для кривой поперечного сечения штифта цепи была принята эвольвентная кривая. Также велась разработка бесшумного, мощного вариатора цепного типа. В дальнейшем стало ясно, что основной шум, возникающий при ударе пальцев по шкивам, можно уменьшить, уменьшив шаг цепи. Также потери мощности можно обнаружить, обратив внимание на движение, вызванное входом и выходом штифтов цепи вариатора один за другим в шкивы во время процесса передачи мощности, что приводит к периодическому движению всей цепи. В этом исследовании связь между поведением цепи и формой частей, составляющих цепь, была сформулирована на основе экспериментальной проверки. Рис. 1 представляет собой схематическую диаграмму, показывающую действие цепи, когда она входит в шкив. Эффект возникает из-за того, что цепь имеет конечный шаг l_p . В результате возникает хордовое колебание цепи. Количество хордовых колебаний определяется как хордовое смещение z . На рис. 2 показана простая модель входа цепи в шкив.

$$z = R(1 - \cos \theta)$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{l_p}{2R}$$

Кроме того, при входной частоте вращения $N_{вх}$ (об/мин) шумность вариатора цепного типа увеличивается с частотой f , вызванной шагом l_p , как показано в уравнении

$$f = \frac{2\pi R_{вх} N_{вх}}{l_p 60}$$

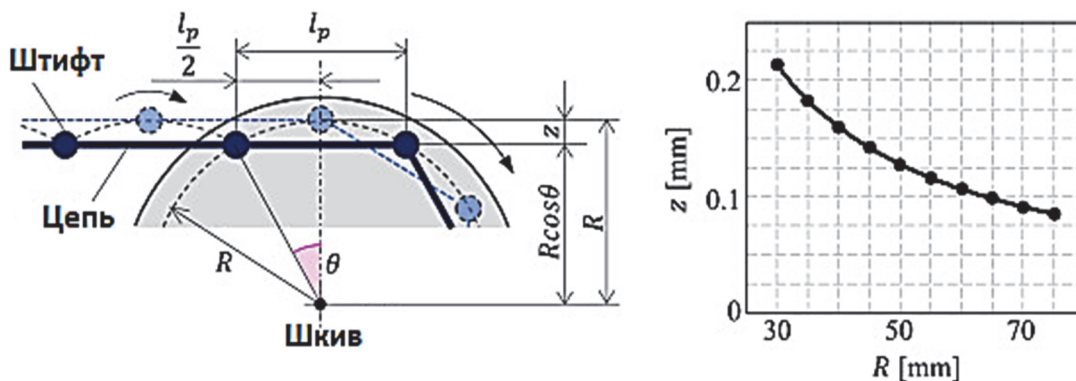


Рисунок 1 – Простая модель цепи, входящей в шкив

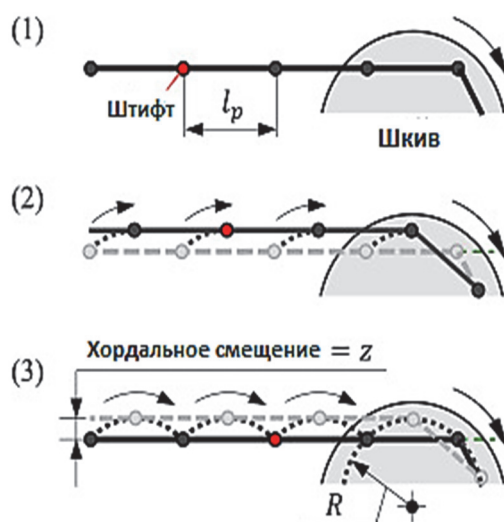


Рисунок 2 – Хордальное смещение z вблизи входа в шкив

Второй метод предполагает исследования с использованием многотельных моделей. Многотельная модель может подробно рассматривать форму цепи и других компонентов. Следовательно, он может выражать периодическое движение цепи и является очень эффективным средством для проверки характеристик цепи. Исследование в этой области позволили разработать трехмерную многотельную модель цепного вариатора и использовать ее для расчета распределения нагрузки и натяжения внутри цепи вариатора, а также изменения натяжения из-за формы цепи. Исследование параметров было также выполнено с использованием этой модели. В дальнейшем эта модель использовалась для оптимизации характеристик эвольвентной кривой, которая формирует форму поперечного сечения штифтов, для уменьшения вибрации нагрузки подшипника при определенном передаточном числе вариатора. После, создали двухмерную многотельную модель, учитывающую зазор цепи и нелинейные характеристики трения пальцев и шкивов, и изучили влияние этих характеристик на динамические явления цепного вариатора. Однако, поскольку результаты расчетов этой многотельной модели учитывали влияние различных смоделированных элементов, она не подходит для изучения основной концепции формы цепи для улучшения характеристик цепного вариатора. Например, не обсуждалось, как оптимизированная форма штифта снижает вибрацию. Кроме того, многотельные модели связаны с высокой стоимостью расчетов.

Третий метод предполагает исследования с использованием моделей континуальных тел. Это средство приблизительного изучения характеристик цепей вариатора без больших затрат на вычисления, предполагая, что цепь является сплошным телом. Ученые создали модель континуального тела, которая может рассчитать распределение нагрузки и колебания натяжения внутри цепи вариатора. Позже сравнили сплошную модель тела и многотельную модель цепи вариатора. Это сравнение подтвердило, что два расчетных результата были почти идентичны, за исключением вибрационного движения, вызванного входом и выходом штифтов цепи вариатора на шкивы один за другим. Эти результаты показали, что производительность цепи вариатора можно спрогнозировать без больших затрат на вычисления. Существует еще другая модель сплошного тела, которая может выражать как устойчивое состояние вариатора, так и явление переключения передач в вариаторе. Однако модель сплошного тела не может учесть периодическое движение цепи вариатора, вызванное входом и выходом штифтов на шкивы один за другим.

Вадим Кириллович Григорьев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ТОБ-312, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Елена Владимировна Григорьева, канд. техн. наук, доцент

Технология изготовления коленчатого вала

Аннотация. Дается обзор устройства, принципа действия, технология изготовления, назначение, достоинства и недостатки, классификация и область применения коленчатого вала.

Ключевые слова: вал, технология изготовления, элемент двигателя.

Vadim K. Grigoriev

Far Eastern State Technical Fisheries University, TOb-312, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Elena V. Grigorieva, PhD, Associate Professor

Manufacturing technology of the crankshaft

Abstract. This article provides an overview of the device, the principle of operation, manufacturing technology, purpose, advantages and disadvantages, classification and scope of the crankshaft.

Keywords: shaft, manufacturing technology, engine element.

Любой механизм включает в себя вал – деталь машины, предназначенная для обеспечения взаимодействия размещенных на них деталей механических передач. Коленчатый вал – это вал, приводимый в движение кривошипно-шатунным механизмом, состоящим из ряда кривошипов и шатунов, к которым прикреплены шатуны двигателя (рисунок). Это механическая часть, способная выполнять преобразование между возвратно-поступательным движением и вращательным движением.

Устройство коленчатого вала представлено в виде плоских проточенных пластин, которые соединены между собой. При этом число звеньев зависит от числа, формы и положения цилиндров, а также тактности двигателя машины. Противовесы нужны для убирания возвратно-поступательного движения поршня и стабилизации вращения вала. С помощью шатунов шейки соединяются с поршнями, совершающие поступательно-возвратный процесс.

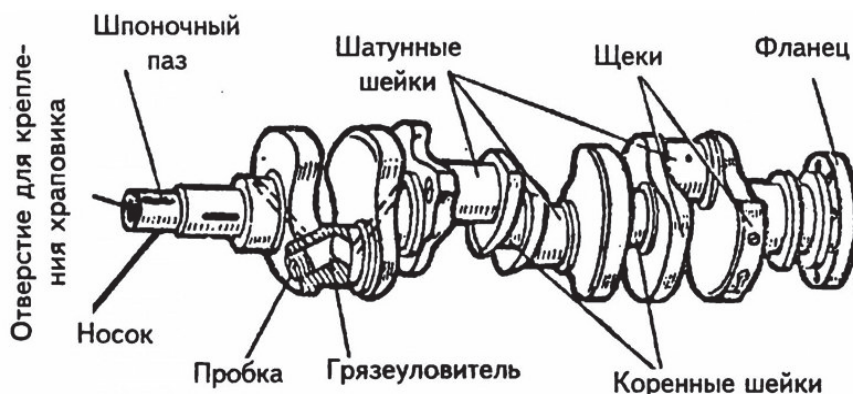
Принцип действия проявляется в следующем:

Во время выгорания горючей смеси в цилиндре воздух нарастает и создаёт напор. Под действием напора поршень выталкивается, совершая поступательное движение. Благодаря связи с шатунными шейками поступательный процесс превращается во вращательный. Энергия вращения, переданная на коленчатый вал, передаётся колёсам, и он приводится в движение.

Технология изготовления коленчатого вала заключается в следующем:

Заготовку коленчатых валов быстроходных двигателей в серийном производстве берут формовкой в закрытых формах из проката последовательно в нескольких ручьях одной

формы или двух форм. Сначала производят гибку заготовки в гибочном ручье формы, затем формовку в предварительном ручье. Потом производят обрезку облоя, окончательную формовку, обрезку и рихтовку.



Коленчатый вал

Если говорить о классификации, коленчатые валы делятся на способы изготовления и материалы, из которых их делают.

Способ изготовления:

- составные
- кованые
- литые
- цельные

Материалы, из которых делают коленчатые валы, – углеродистые, хромомарганцевые, хромоникельмолибденовые и другие стали, а также специальные высокопрочные чугуны.

При эксплуатации по какой-либо причине могут наблюдаться такие неисправности:

- износ вала по коренным или шатунным шейкам;
- изгиб;
- разрушение вала;
- износ посадочных поверхностей под маховик, сальник (сальники), переднюю шестерню.

Разрушение вала происходит от усталостных трещин, возникающих иногда из-за прижога галтелей при шлифовке. Трещины развиваются в некачественном материале (волосовины, неметаллические включения, флокены, отпускная хрупкость) либо при превышении расчётных величин крутильных колебаний (ошибки при проектировании, самостоятельная форсировка по числу оборотов дизеля). Возможна поломка по причине превышения числа оборотов, отказе демпфера, заклинивания поршня. Сломанный вал ремонту не подлежит. При износе посадочных поверхностей могут применяться электрохимическая обработка, плазменная или электродуговая наплавка поверхностей, а также другие решения.

Библиографический список

1. Кулаев Д.Х. Динамика кривошипно-ползунного механизма с зазорами в шатунных подшипниках // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер.: Холодильная техника и кондиционирование. 2009. ISSN 2310-1148.
2. Орлин А.С., Круглов М.Г. и др. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. М., 1984. 384 с.
3. Технология производства коленчатых валов. Studopedia.
4. Технологический процесс изготовления коленчатого вала. mirznanii.com.

Александр Александрович Демин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, студент, Россия, Владивосток, e-mail: shutnik.1337@mail.com

Научный руководитель – Сергей Владимирович Куличков, канд. техн. наук, доцент

Краткий анализ и проектирование оптимизации энергосбережения параллельного подъемного механизма для стереоскопического парковочного робота

Аннотация. Предлагается параллельный подъемный механизм с двумя степенями свободы для стереоскопического парковочного робота.

Ключевые слова: кинематика, робот, парковка, энергосбережение, матрица, модель.

Alexandr A. Demin

Far Eastern State Technical Fisheries University, Student, Russia, Vladivostok, e-mail: shutnik.1337@mail.com

Scientific adviser – Sergey V. Kulichkov, PhD, Associate Professor

Brief Analysis and Design of Energy Saving Optimization of Parallel Lifting Mechanism for Stereoscopic Parking Robot

Abstract. This article proposes a parallel lift mechanism with two degrees of freedom for a stereoscopic parking robot.

Keywords: kinematics, robot, parking, energy saving, matrix, model.

В связи с быстрым развитием автомобильной промышленности в мире стали возникать проблемы с парковкой, что серьёзно сказывается на жизни людей, а также на потребление энергии и утраты свободного пространства. Страны во всем мире выступают за стереоскопические парковочные места, а появление и применение стереоскопического парковочного оборудования эффективно снижает нагрузку на городской общественный транспорт. В качестве основного исполнительного механизма подъемный механизм стереоскопического парковочного оборудования должен обладать такими характеристиками, как высокая жесткость, высокая точность движения, высокий весовой коэффициент нагрузки и короткая передаточная цепь. Параллельный механизм может решить проблемы безопасности и устойчивости, вызванные длинной цепью передачи обычного стереоскопического парковочного оборудования. Параллельный механизм использует привод на основе рамы, который имеет такие преимущества, как значительная жесткость, короткая передаточная цепь, высокая грузоподъемность, высокая точность, малая инерция движения, простота управления и т.д. Масштабное развитие возобновляемых источников энергии приводит к растущему спросу на эффективные и устойчивые роботизированные системы. Хотя энергопотребление одного стереоскопического парковочного устройства невелико, как только стереоскопический гараж станет широко популярным в будущем, потребление энергии нельзя будет недооценивать.

Разные условия применения предъявляют разные требования к подвижности, кинематическим и динамическим характеристикам параллельного механизма. Принимая во внимание характеристики конфигурации и требования к стабильности механизма параллель-

ного подъема в этой статье, существующие исследования не могут предложить индекс оценки симметрии движения или согласованности механизма. Кроме того, используется параллельный подъемный механизм для подъема многоярусного гаража, который уделяет внимание плавной работе подъемного транспортного средства. Поэтому определение индекса рабочей области отличается от определения других параллельных механизмов. Индекс рабочей области, предложенный существующими методами, неприменим.

Чтобы повысить эффективность передачи энергии и обеспечить стабильность механизма, выполняется оптимизация кинематики и анализ механизма параллельного подъема для достижения цели оптимизации энергосбережения.

Рациональность конструкции размерных параметров напрямую влияет на общую работоспособность механизма. Анализ производительности механизма является основой проектирования оптимизации энергосбережения. Однако когда механизм имеет смешанную степень свободы вращения и движения, единичная размерность элементов не унифицирована, и физический смысл не ясен. При условии различных структурных параметров будут изменяться числовые параметры, такие, как рабочее пространство и определяемое им число.

По сравнению с последовательным механизмом вычисление рабочей области параллельного механизма является более сложным и требует рассмотрения множества сложных решений цепи перемещения ветвей. Следовательно, при анализе распределения числа обусловленности матрицы Якоби в глобальном рабочем пространстве с различными структурными параметрами необходимо анализировать многорешение и комплексное решение рабочего пространства параллельного механизма с различными структурными параметрами. В первой допустимой области распределение числа обусловленности матрицы Якоби в глобальном рабочем пространстве показано на рис. 1.

Можно видеть, что распределение чисел обусловленности матрицы Якоби не подчиняется закону, и непротиворечивость распределения числа обусловленности матрицы Якоби в рабочей области очень низкая. При этом диапазон значений рабочего пространства механизма в допустимой области неприменим к параллельному механизму. Кроме того, уровень сингулярности механизма в допустимой области относительно высок.

Во второй допустимой области распределение числа обусловленности матрицы Якоби в глобальной рабочей области показано на рис. 2, а свойства рабочей области и индексы кинематической производительности показаны в таблице.

В третьей допустимой области, когда $\lambda_{l_{i6}} = 0.4$, кинематическая состоятельность механизма наилучшая, а показатель сингулярности δ_s тоже в разумных пределах, но δ_z не соответствует требованиям. Путем сравнения свойств рабочего пространства и показателей кинематической производительности в первой, второй и третьей допустимых областях соответственно установлено, что δ_o , δ_k и δ_{K_S} в третьей допустимой области больше соответствуют требованиям параллельного механизма. Основываясь на приведенных результатах, показанных на рисунке 3, в третьей допустимой области область поиска оптимальной допустимой области дополнительно сужается до $\lambda_{l_{i6}} = 0.31 \sim \lambda_{l_{i6}} = 0.5$.

На основе системы проверочной модели исследуются динамические характеристики проверочной модели при разных скоростях движения, что дает теоретическую основу для обеспечения наилучшего эффекта энергосбережения и повышения устойчивости механизма параллельного подъема стереоскопического парковочного робота (рис. 4).

Система состоит из компьютера, проверочной модели, системы управления движением, программного обеспечения для обнаружения датчиков, программного обеспечения для управления движением и датчиков. Применимый датчик представляет собой 9-осевой акселерометр, который может измерять угол, угловую скорость и ускорение на осях XYZ в мировой системе координат. Интервал дискретизации составляет 0,1 с, а погрешности измерения 0.01, 0.05 соответственно. Учитывая точность датчика и погрешность обработки движущейся платформы модели, датчик не должен располагаться в центре масс движущейся платформы.

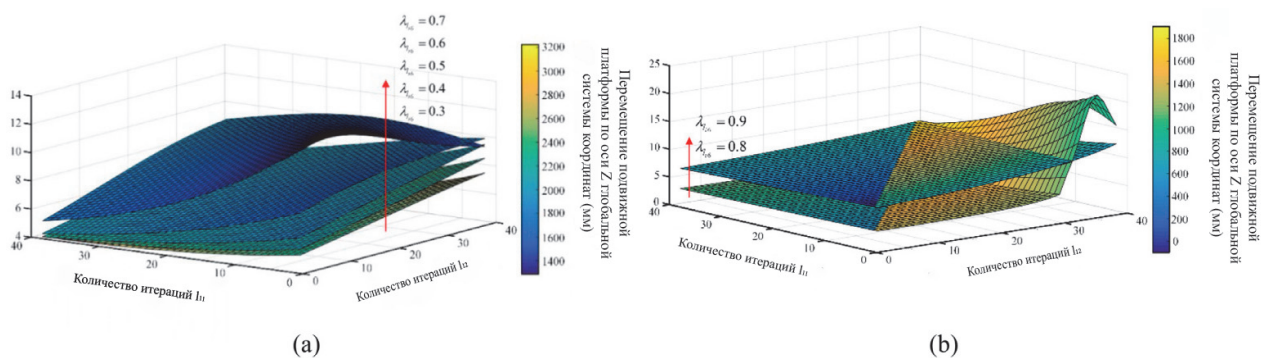


Рисунок 18 – Распределение числа обусловленности матрицы Якоби в первой допустимой области (а), когда $\lambda_{1i6} = 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7$; (б) когда $\lambda_{1i6} = 0.8, 0.9$

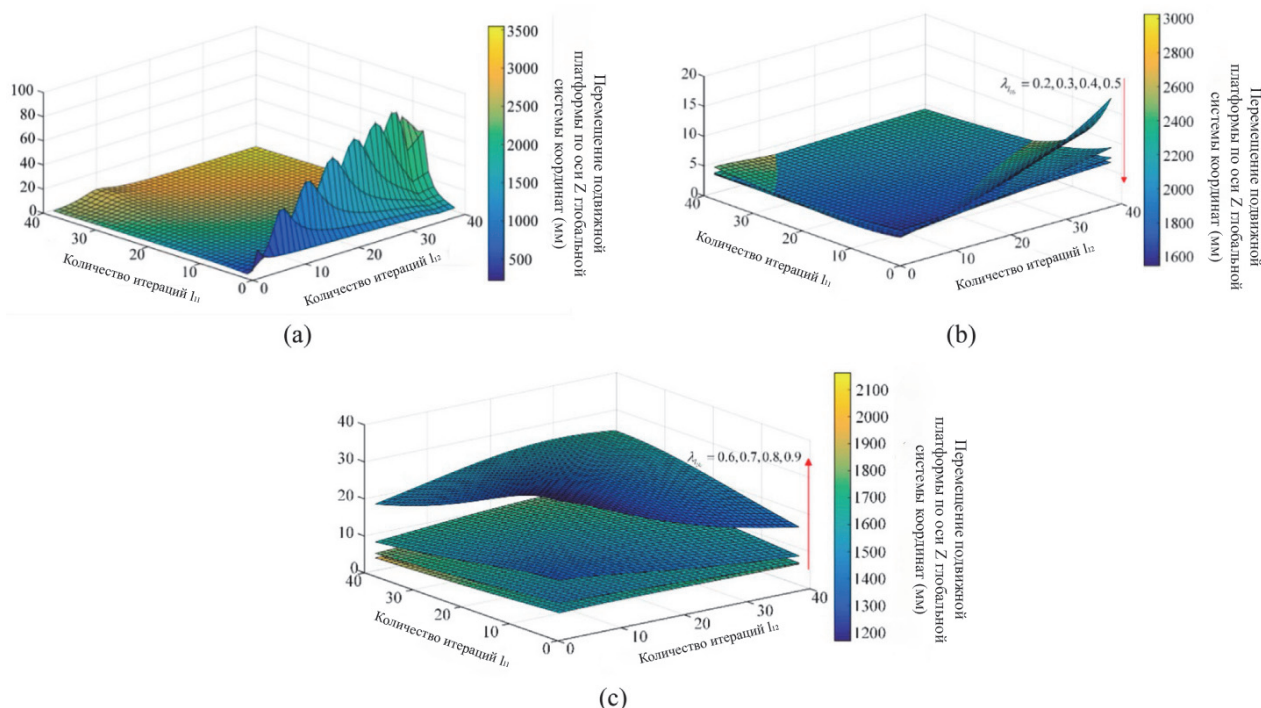


Рисунок 19 – Распределение чисел обусловленности матрицы Якоби во второй допустимой области (а), когда $\lambda_{1i6} = 0.1$; (б), когда $\lambda_{1i6} = 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$; (с), когда $\lambda_{1i6} = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$

Свойство рабочего пространства механизма во второй допустимой области

λ_{1i6}	δ_z (mm)	δ_o	δ_K	δ_{K_S}	δ_S max	δ_S min
0.1	3175	1127.2641	8.6744	77.7432	0.9885	0.2502
0.2	1475	1062.2051	2.1500	12.7795	0.5405	0.2504
0.3	1019	1093.3996	1.4581	5.5005	0.4724	0.2509
0.4	803	1125.9464	1.2561	4.0502	0.4583	0.2772
0.5	679	1158.4034	1.1336	3.2120	0.4630	0.3275
0.6	603	1190.2806	0.9623	2.3858	0.4773	0.3764
0.7	556	1221.4930	0.6290	1.4485	0.4979	0.4266
0.8	531	1252.0951	0.1074	0.2716	0.5237	0.4804
0.9	523	1282.2275	2.3172	3.7093	0.5543	0.5395

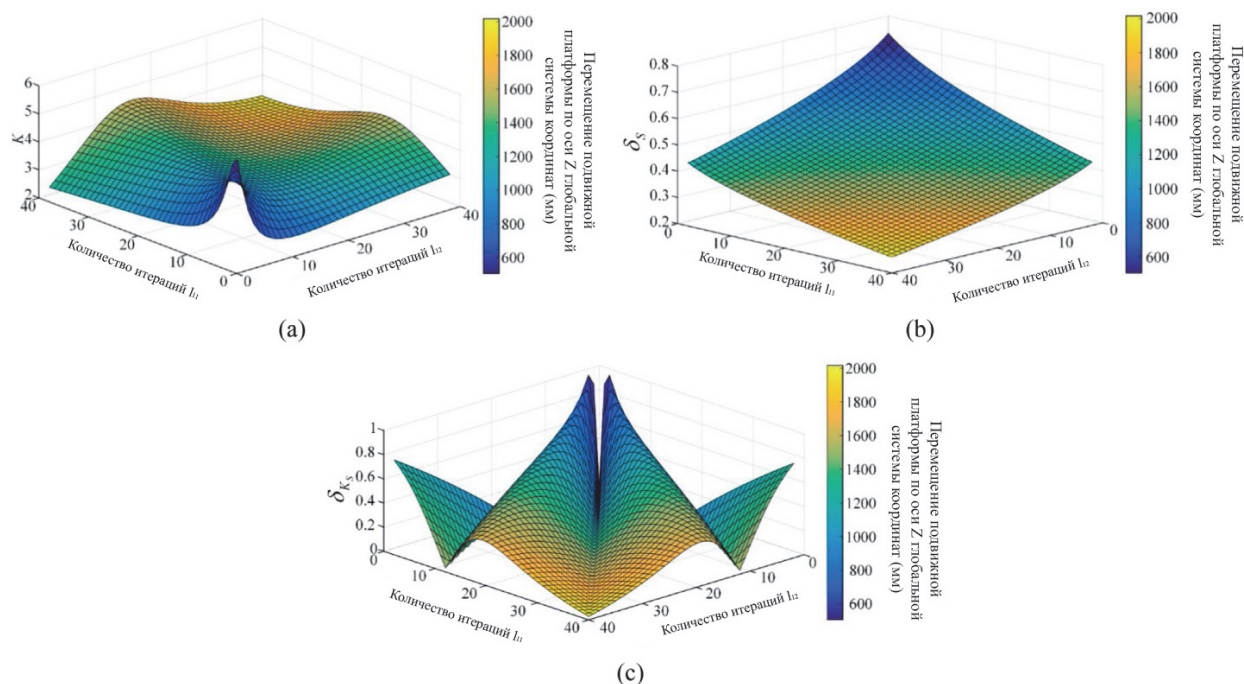


Рисунок 20 – Распределение чисел обусловленности матрицы Якоби в третьей допустимой области при $\lambda_{l_{i6}} = 595$ мм: а – распределение номеров состояний в глобальном рабочем пространстве; б – распределение δ_S в глобальном рабочем пространстве; в – распределение δ_{K_S} в глобальной рабочей области

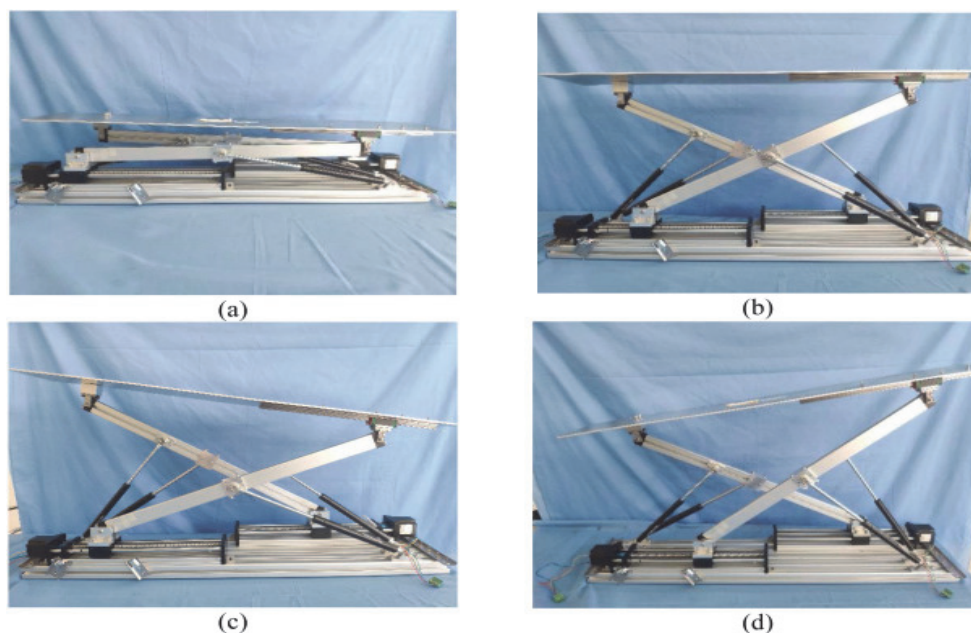


Рисунок 21 – Проверочная модель параллельного подъемного механизма на стереоскопическом парковочном роботе: а – исходное положение; б – подъемное положение; с – положение правого вращения; д – положение левого вращения

Общая идея метода оптимизации размера заключается в определении оптимального размера каждого компонента параллельного подъемного механизма путем нахождения оптимального состояния трех показателей эффективности движения в различных возможных областях. Используя метод сравнения, диапазон поиска допустимой области может быть более четко, точно и интуитивно сужен. Дальнейшее изучение и анализ данных имеют перспективы создания парковочного робота в будущем.

Библиографический список

1. References Alamdar, Alireza, Farahmand, Farzam, Behzadipour, Saeed, et al., 2020. A geometrical approach for configuration and singularity analysis of a new non-symmetric 2DOF 5R spherical parallel manipulator. *Mech. Mach. Theory* 147, 103747.
2. Bashingi, Ndakhona, Mostafa, Mohamed, Das, Dillip Kumar, 2020. The state of congestion in the developing world; the case of gaborone, botswana. *Transp. Res. Procedia* 45. P. 434–442.
3. Binhai, Xie, Shuling, Dai, Feng, Liu, 2021. A Lie group-based iterative algorithm framework for numerically solving forward kinematics of Gough–Stewart platform. *Mathematics* 9(7). 757 p.
4. Brinker, Jan, Corves, Burkhard, Takeda, Yukio, 2018. Kinematic performance evaluation of high-speed delta parallel robots based on motion/force transmission indices. *Mech. Mach. Theory* 125. P. 111–125.

Екатерина Денисовна Киселёва

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ТПб-212, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Евгений Витальевич Шамрай-Лемешко, старший преподаватель

Сдвиг и кручение стержней

Аннотация. Рассматриваются особенности деформированного и напряженного состояния при чистом сдвиге.

Ключевые слова: сдвиг, кручение.

Ekaterina D. Kiseleva

Far Eastern State Technical Fisheries University, TPb-212, Vladivostok, Russia

Scientific adviser – Evgeny V. Shamray-Lemeshko, Senior Lecturer

Shear and torsion of rods

Abstract. The article discusses the features of the deformed and stressed state under pure shear.

Keywords: shear, torsion.

Особенности деформированного и напряженного состояния при чистом сдвиге

Чистый сдвиг – это плоское напряженное состояние, при котором по граням элемента действуют только касательные напряжения

Главные напряжения в условиях плоского напряженного состояния и чистого сдвига определяются по формуле

$$\sigma_{i,j} = \frac{1}{2} [\sigma_z + \sigma_y \pm \sqrt{(\sigma_z - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yz}^2}] = \pm \tau_{yz}.$$

Следовательно, $\sigma_1 = \tau_{yz}$; $\sigma_2 = 0$; $\sigma_3 = -\tau_{yz}$.

Направления главных напряжений по отношению к осям yOz можно найти по формуле

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\tau_{yz}}{\sigma_y - \sigma_z} = \frac{2\tau_{yz}}{0} = \infty.$$

Отсюда $2\alpha = \frac{\pi}{2}$, а $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$.

Повернув оси yOz на 45° , получим направления главных осей (рис. 1, б)

Очевидно, что чистым сдвигом можно назвать такое плоское напряженное состояние, при котором отличные от нуля главные напряжения равны по модулю и противоположны знаку.

Чистый сдвиг можно осуществить, если подвергнуть кручению тонкостенную трубу (рис. 2, а).

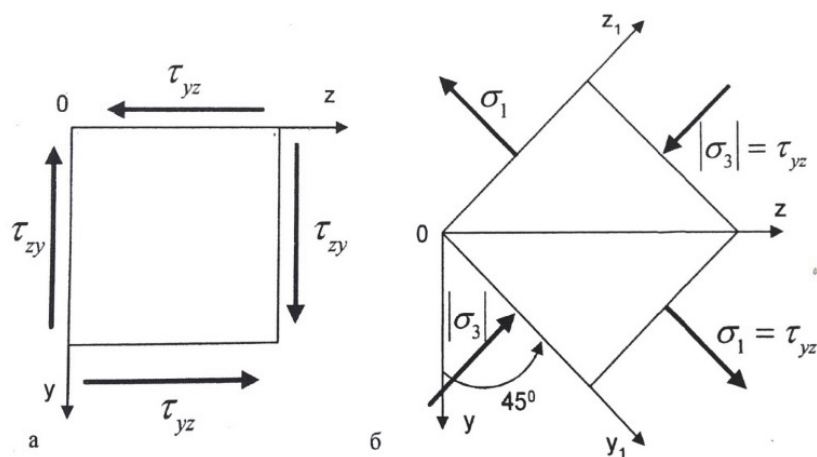


Рисунок 1 – Напряжения при чистом сдвиге: а – напряженное состояние чистого сдвига; б – чистый сдвиг в главных осях

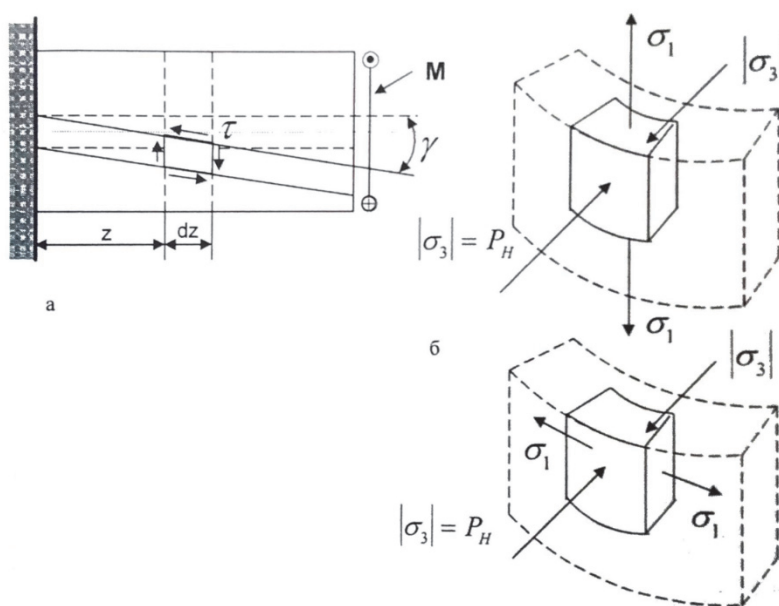


Рисунок 2 – Схема экспериментального осуществления чистого сдвига: а – кручение тонкостенной трубы; б – нагружение тонкостенной трубы внутренним давлением, наружным давлением P_n и растягивающей силой

Прямоугольные до нагружения элементы материала стенок трубы превращаются в параллелограммы за счет изменения первоначально прямого угла на малый угол γ , называемый углом сдвига. В этом случае все элементы трубы будут находиться в одинаковых условиях и испытывать чистый сдвиг. Экспериментальное изучение нагружения чистого сдвига обычно проводится путем кручения трубчатых образцов. Однако такое нагружение при значительных напряжениях может привести к потере устойчивости даже коротких образцов. Поэтому изучение пластического деформирования и разрушения материалов в условиях чистого сдвига необходимо проводить, нагружая тонкостенный трубчатый образец внутренним давлением, наружным давлением и растягивающей силой. В этом случае по толщине стенки действует сжимающее напряжение σ_3 , а изменяя внутреннее давление и растягивающую силу, можно получить вдоль образующей или в кольцевом направлении соответствующие напряжения и $\sigma_1 = -\sigma_3$ и $\sigma_2 = 0$. При таком нагружении создается практически однородное напряженное состояние и образец доводится до разрушения без потери устойчивости цилиндрической поверхности трубчатого образца.

В соответствии с обобщенным законом Гука, если по граням элемента отсутствуют нормальные напряжения, то линейные деформации равны нулю. Поэтому длины ребер элемента (см. рис. 1, а) при нагружении не изменяются. В этом случае (в осях yOz) появится только угловая деформация

$$\gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G}$$

В главных осях (в осях y_1Oz_1 , см. рис. 1, б) угловая деформация равна нулю, а изменение длин ребер

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= \frac{1}{E} [\sigma_2 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)] = \frac{1}{E} [\tau_{yz} - \mu(0 - \tau_{yz})] = \frac{\tau_{yz}}{E} (1 + \mu); \\ \varepsilon_3 &= \frac{1}{E} [\sigma_3 - \mu(\sigma_1 + \sigma_2)] = \frac{1}{E} [-\tau_{yz} - \mu(\tau_{yz} + 0)] = -\frac{\tau_{yz}}{E} (1 + \mu).\end{aligned}\quad (4)$$

В расчетной практике часто встречаются нагружения, при которых на элемент, находящийся под действием только касательных напряжений (см. рис. 1, а) накладывается небольшое растяжение (вдоль осей Oz или Oy , см. рис. 1, а). Такие случаи нагружения имеют место при поперечном изгибе, а также при расчете заклепочных соединений, швов, врубок. Расчет указанных конструкций обычно носит условный характер. При расчете не учитывается нормальное напряжение на площадке максимального сдвига и неравномерность распределения касательного напряжения. Найденное среднее касательное напряжение сравнивается с допускаемым

$$\tau \leq [\tau].$$

Надежность расчета обеспечивается тем, что допускаемое напряжение определяется по той же методике и является таким же осредненным напряжением на площадке сдвига. Фактически сравниваются две условные величины, а коэффициент назначается на основании данных экспериментов для рассматриваемой конструкции.

Была рассмотрена задача, в которой одноосное растяжение суммируется с чистым сдвигом. Полученное решение является точным и справедливо при любых соотношениях между длиной стержня L и шириной H . Если $L \geq 5H$, то напряжения сдвига незначительны и, как было показано, их можно не учитывать. В этом случае имеет место центральное растяжение вдоль оси Oz . Если H значительно больше L (например, $H \geq 5L$), то тогда H становится длиной стержня, а L - его шириной. Ось стержня как бы поворачивается на 90° (рис. 3, а).

Наибольшее нормальное напряжение будет при $z = 0$, а наибольшее касательное - при $y = \pm(H/2)$. Определим эти напряжения для случая, когда $H = 5L$. Тогда

$$\begin{aligned}\sigma_z &= \frac{2P}{H} (L - z) = \frac{2P}{5L} (L - 0) = \frac{2}{5} P \\ \tau_{yz} &= \tau_{zy} = \frac{2P}{H} y = \frac{2P}{H} \cdot \frac{H}{2} = P.\end{aligned}$$

Эквивалентное напряжение по третьей теории прочности

$$\sigma_{\text{экв. III}} = \sqrt{\sigma_z^2 + 4\tau_{yz}^2} = \sqrt{\left(\frac{2}{5}P\right)^2 + 4P^2} = 2,04P.$$

Эквивалентное напряжение без учета нормального напряжения σ_z

$$\sigma_{yz} = 2\tau_{yz} = 2P.$$

Таким образом, если $H \geq 5L$, то растяжение вдоль оси Oz можно не учитывать. Тогда стержень будет испытывать чистый сдвиг. Из всех внутренних силовых факторов в сечениях, перпендикулярных оси Oy , будет действовать только поперечная сила. Эпюра силы Q_z изображена на рис. 3, б.

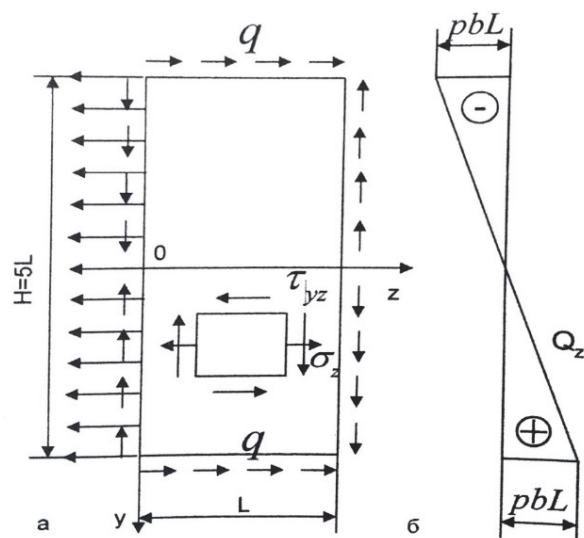


Рисунок 3 – Сдвиг стержня: а – расчетная схема; б – эпюра поперечных сил

Эдуард Сергеевич Коваль

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ТОБ-212, Россия, Владивосток, e-mail: edik_2002edik02@mail.ru

Арсен Владимирович Сагитов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ТОБ-212, Россия, Владивосток, e-mail: arsensagitov59@gmail.com

Научный руководитель – Елена Владимировна Григорьева, канд. техн. наук, доцент

Анализ методов определения и измерения шероховатости поверхности

Аннотация. Рассматриваются методы идентификации и установления параметров микронеровностей на поверхностях изделий различного формата. Приведены оборудование и анализ с описанием положительных и отрицательных сторон каждого способа, на основе чего выявлен наилучший вид определения шероховатости поверхностей.

Ключевые слова: метод, способ, поверхность, микронеровность, шероховатость, изделие, процесс, материал, точность.

Eduard S. Koval

Far Eastern State Technical Fisheries University, TOB-212, Russia, Vladivostok, e-mail: edik_2002edik02@mail.ru

Arsen V. Sagitov

Far Eastern State Technical Fisheries University, TOB-212, Russia, Vladivostok, e-mail: arsensagitov59@gmail.com

Scientific adviser – Elena V. Grigorieva, PhD, Associate Professor

Analysis of methods for determining and measuring surface roughness

Abstract. The article discusses methods for identifying and establishing the parameters of microroughnesses on the surfaces of products of various formats. The equipment and analysis are given with a description of the positive and negative sides of each method, on the basis of which the best type of determining the surface roughness is revealed.

Keywords: method, surface, microroughness, roughness, product, process, material, accuracy.

Сегодня обработка деталей и изделий играет огромную роль в каждом производстве. От качества данного процесса зависит внешний вид, конструктивные особенности материала, а также его свойства. К сожалению, изделия, подверженные какой-либо обработке, не являются идеально ровными или гладкими. Часто обработанная поверхность имеет неровности царапины или даже микротрещины, что может быть связано с условиями проведения операции, неточностями в измерениях или даже с неправильным осуществлением процесса. Данные дефекты могут придавать изделию как положительные, так и отрицательные моменты в зависимости от целей совершения обработки, но каждый из них опре-

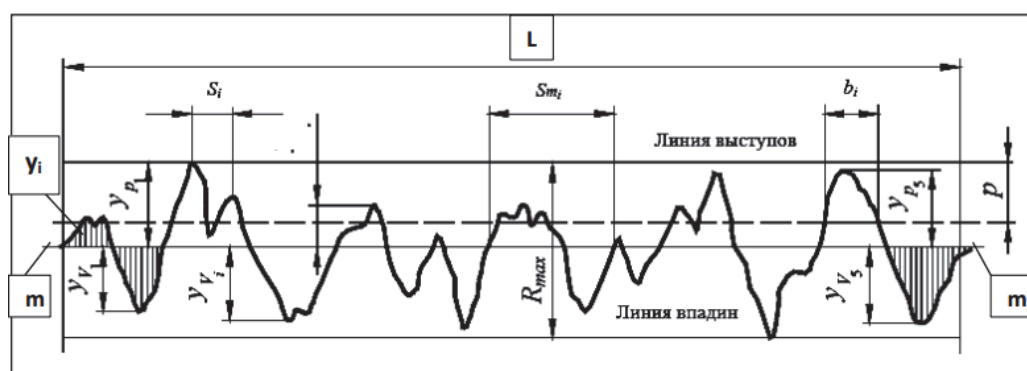
деляет своё существование как явление, называемое шероховатостью поверхности. Данная тема очень актуальна для всех видов пищевого оборудования и сфер его производств, так как, начиная от шпонок и заканчивая конструкциями сложного профиля, все они нуждаются в индивидуально точной обработке, для непрерывного протекания процессов их участия, обеспечения целостности оборудования в совокупности с увеличением их жизненного цикла, а также улучшения качества выпускаемой продукции. Так, например, обработки деталей с использованием таких методов как шлифование и фрезерование славятся высоким качеством, но характеристики полученных поверхностей совершенно отличаются, что в совокупности с выбором способа обработки, в зависимости от желаемого результата, надвигает на использование оборудования с максимально возможным контролем качества и свойств образованных неровностей.

Шероховатость – возникающая в ходе осуществления различных процессов с изделием, совокупность микронеровностей, располагаемая по базовой длине заготовки на относительно малых шагах. Данное явление определяется несколькими параметрами: средним арифметическим отклонением профиля; высотой неровностей по десяти точкам; наибольшей высотой шероховатости; средним шагом микроповреждений, а также по вершинам профиля; относительной опорной длиной.

Цель работы – выявить наилучший метод определения и измерения шероховатости поверхности.

Задачи – произвести анализ общеизвестных методов; идентифицировать, соответствующее каждому способу, оборудование; обозначить перспективы развития определения шероховатости.

Параметры шероховатости условно подразделяются на две основные группы: высотные (R_a , R_z , R_{max}) и шаговые (S_m , S , t_p). На рисунке представлена профилограмма шероховатости поверхности для количественной ее оценки.



Параметры шероховатости поверхности. (m-m – средняя линия профиля; L – базовая длина; y_i – значение отклонения профиля в пределах базовой длины; y_{p1} - y_{p5} – высота i-го наибольшего выступа профиля; y_{v1} - y_{v5} – глубина i-й наибольшей впадины профиля; R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля; S_i – шаг неровностей профиля по вершинам; S_{mi} – шаг неровностей профиля; b_i – отрезки, отсекаемые на заданном уровне, линией p, равностоящей от средней линии)

В зависимости от значений параметров, представленных на рисунке, определяется характер шероховатостей. Зачастую возникающие микронеровности оказывают негативное влияние на соединение деталей из-за возможного возникновения незапланированных зазоров или натягов, влекут за собой неравномерное и некачественное нанесение покрытий, задают основу будущим разрушениям и уменьшению жизненного цикла оборудования.

Обнаружить невооружённым глазом наличие шероховатости на объекте, конечно же, можно, но это совершенно недоступно при мельчайших показаниях данного явления. Чтобы определить и измерить шероховатость поверхности прибегают к использованию следующих способов:

1. Сравнительный. Данный способ основан на бесконтактном сличении параметров микронеровностей с образца относительно эталонного с помощью качественного (прямого наблюдения) или количественного (использования микроскопов) методов.

Относительно простой способ в использовании, но сложный в осуществлении включает в себе ряд недостатков, которые могут привести к неправильным измерениям [1]:

- неточности определения истинных значений исследуемых величин;
- образец должен быть выполнен из того же материала, что и контролируемая деталь;
- рабочая поверхность образца должна быть обработана тем же методом, что и контролируемая поверхность детали;
- геометрическая форма рабочей поверхности образца должна соответствовать геометрической форме контролируемой поверхности детали;
- обеспечение высокой точности измерения при $R_a > 1,25$ или $R_z = 10$ мкм;
- возможные неточности, зависящие от оператора или дефектов измерительных приборов.

При существовании в общесоюзных стандартах тринадцати классов точности (1; 2; 2 а; 3; 3 а; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 и 11), где 1 – самый точный, а 11 – самый грубый, данный метод определения микронеровностей применяется для довольно грубых поверхностей, чьи показания чистоты не достигают выше седьмого класса точности.

2. Оптический. Следующий метод бесконтактного взаимодействия с измеряемыми образцами содержит в себе целую группу способов: метод светового свечения и теневой метод, микроинтерференционный метод, растровый метод [2].

Принцип действия каждого из данных способов основывается на отражении, интерференции или проекции излучаемого света на поверхность или профиль исследуемого изделия. В области исследования оптического метода была обнаружена его высокая эффективность, главным образом связанная с природой самого света. Любое излучение представляет собой потоки мельчайших частиц, что во взаимодействии с подопытным материалом позволяет выявить микронеровности на корпускулярном уровне при использовании соответствующего оборудования. Благодаря свойству света – интерференции, а именно перераспределению светового излучения в пространстве в результате наложения двух или более световых волн друг на друга, мы можем получать не только свидетельство о наличии неровностей, но и информацию об их фактических показаниях (высоту, ширину, глубину и т.д.), что открыто используется в микроинтерференционном методе.

Растровый способ, связанный прохождением отражённого от испытуемого изделия света через эталонную растровую сетку под определённым углом, проявляет достаточно точные результаты измерений, но является малоэксплуатирующимся из-за возможности применения только в ходе определения микронеровностей одинаковой направленности, обусловленные частотой постоянных воздействий.

К сожалению, оптический метод несёт в себе некоторые недостатки: явление, известное как рассеивание света, приводит к неточностям полученных измерений; для получения качественных результатов должны использоваться высококвалифицированные операторы, особые условия проведения исследований, включая как свойства испускаемого излучения, так и характеристики окружающей среды, в которой осуществляется процесс; точность микроскопов.

3. Метод слепков. Определение шероховатости включает в себе сличение неровностей не только с плоских поверхностей, но и с изделий сложной конструкции, что зачастую является недоступным для выше перечисленных методов [3]. Способ слепков отлично подходит для решения данной проблемы: с его помощью выявляют микронеровности с поверхностей сложной формы, он является простым и легко осуществимым, не является энерго- или ресурсозатратным.

Главный недостаток данного метода – он не является самостоятельным, т.е. его сущность заключается только в снятии отрицательных (негативных) слепков с поверхности изделия за счёт плотного придавливания или нанесения целлулоида, легкоплавких спла-

вов, воска, парафина, гипсхромпика и прочих материалов, зеркально повторяющих микронеровности изучаемого материала. А последующее изучение шероховатости с полученной копии берут на себя другие методы: щуповой, оптический и сравнительный. Также способ может содержать такие отрицательные стороны как: неточность неровностей на полученном оттиске, механическая или пластическая деформация слепка из-за неправильного соотношения компонентов, схватывание слепка с поверхностью изделия в ходе температурных или химических взаимодействий [4].

Наряду с минусами метода, он воспроизводит достаточно пригодную точность как для эффективного определения шероховатости крупных (или легко измеримых) неровностей, так и способствует качественным результатам измерений с помощью других способов; присутствует возможность измерения неровностей в диапазоне от 0,1 мкм до 30 мкм, а также возможность точного измерения величины шероховатости слепка на интерференционном микроскопе.

4 щуповой метод измерения относится к контактным и осуществляется с помощью высокочувствительных датчиков, называемых профилометрами.

Процесс измерения микронеровностей поверхности заключается в следующем: ось иглы располагают по нормали (90 градусов) от поверхности. Опускаясь во впадины, затем, поднимаясь на выступы ошупывающей головкой по исследуемой поверхности, игла колеблется относительно заготовки, образуя механические колебания. Эти колебания преобразуются в электрические при помощи электромеханического преобразователя того или иного типа. Зафиксированные импульсы усиливают и записывают параметры его профиля в горизонтальных и вертикальных масштабах с помощью профилографов [5].

В щуповых приборах для измерения параметров неровности поверхности применяются индукционные, индуктивные, электронные и пьезоэлектрические преобразователи механических колебаний иглы, которая, в свою очередь, приносит в метод большой недостаток – образует неровности на поверхности исследуемого материала. Механические профилометры алмазной иглой (измерительный щуп) контактируют и, в той или иной мере, повреждают верхние слои изделия, создавая дополнительные микронеровности. В связи с точечностью приборов, используемых для измерения шероховатости данным способом, и малым охватом изучаемых поверхностей, это процесс занимает довольно большое количество времени.

Одним из явных достоинств этого метода является то, что он один из наиболее точных, так же процесс получения информации о шероховатости автоматизирован, что уменьшает процент погрешности. Щуповой метод можно применять к поверхностям с большим диапазоном волнистости и микронеровностей. За счёт точечного прохождения иглы мы получаем полную информацию о поверхности изделия.

Подводя итог данной работе, мы можем сделать вывод: в каждом виде деятельности человека присутствует необходимость в контакте с какими-либо изделиями. Для обеспечения их эффективной работы или взаимодействия с другими элементами и узлами оборудования, каждая деталь должна быть подвергнута качественной обработке, во избежание дальнейших поломок, незапланированных натягов или преждевременных износов. Мы считаем, что наилучшим методом в области определения точности обрабатываемых поверхностей является оптический метод. Помимо множества производств, он также активно используется в пищевой промышленности, что актуально для нашей деятельности. Например, в шкуроеъемной машине ЦПКТБ «Азчеррыбы» главным рабочим органом выступает барабан с вогнутой поверхностью, что при обработке, с его неточными параметрами, приведёт к истиранию или вовсе уничтожению продукции. Помимо большой вариативности осуществления, метод характеризуется малыми затратами ресурсов, энергии и времени в совокупности с высокой точностью измерений, а его недостатки можно считать несущественными в связи с простотой их устранения, что и является дальнейшими перспективами развития определения микронеровностей. Дальнейшие модернизации такого эффективного метода позволят получать детали высокой точности, что поспособствует увеличению их срока службы и качества выполняемых операций.

Библиографический список

1. Описание метода сравнения с образцами шероховатости [Электронный ресурс]. 2014-2022. Режим доступа: <https://helpiks.org/2-3685.html>.
2. Кравчук, М.А. Определение шероховатости обработанной поверхности / М.А. Кравчук, С.Э. Крайко, В.К. Шелег. Минск: БНТУ, 2019. 15 с. Режим доступа: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/56061/Opredelenie_sherohovatosti_obrabotannoj_poverhnosti.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
3. Способы и методы измерения шероховатости поверхности [Электронный ресурс]. 2022. Режим доступа: https://www.штангель.рф/info/articles/Izmerenie_sherohovatosti.htm.
4. Измерение шероховатости методом слепков [Электронный ресурс]. 2004-2022. Режим доступа: https://studopedia.ru/25_48805_izmerenie-sherohovatosti-metodom-slepkov.html.
5. Определение шероховатости поверхности с помощью профилографа-профилометра [Электронный ресурс]. 2017-2022. Режим доступа: https://vuzlit.com/50178/metody_opredeleniya_sherohovatosti.

Андрей Романович Ракоид

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. ТПб-212, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Евгений Витальевич Шамрай-Лемешко, старший преподаватель

Тепловой эффект циклических деформаций судостроительных сталей

Аннотация. Рассматриваются методы измерения тепловых потоков. Проведено исследование трех судостроительных сталей, а также оборудование и анализ измерений тепловых потоков.

Ключевые слова: тепловые потоки, судостроительные стали.

Andrey R. Rakoid

Far Eastern State Technical Fisheries University, TPb-212, Vladivostok, Russia

Scientific adviser – Evgeny V. Shamray-Lemeshko, Senior Lecturer

Thermal effect of cyclic deformations of shipbuilding steels

Abstract. The article discusses methods of measuring heat flows. A study of three shipbuilding steels was carried out, equipment and analysis of heat flow measurement were given.

Keywords: heat flows, shipbuilding steels.

Первые попытки разделить подводимую энергию на две составляющие – поглощённую материалом и рассеянную в виде тепла, т.е. не опасную, энергию – предпринимались еще в двадцатые годы прошлого века. Известны многочисленные исследования, связанные с определением неопасной, т.е. рассеиваемой, части необратимо затраченной энергии. В работах В.Т. Трощенко в качестве неопасной принимается энергия, необратимо рассеянная в материале при напряжениях, равных пределу усталости. Известен подход, при котором энергия определена как разность между суммарной затрачиваемой энергией, полученной экстраполяцией суммарной энергии при пластическом деформировании с различными скоростями нагружения в область бесконечно больших скоростей деформирования с исчезающе малым рассеянием тепла.

Наиболее перспективной, обеспечивающей наилучшую точность, является методика, основанная на непосредственном измерении тепловых потоков с помощью термопар по данным тепловой калибровки устройств. Известны попытки расчета рассеянного тепла с использованием известных термодинамических зависимостей, описывающие теплопередачу за счет теплопроводности и за счет конвективного и лучевого теплообмена (закон Фурье и формулы Ньютона-Рихмана).

При этом коэффициент теплопередачи, градиенты температур и изменение температуры во времени определялись путем непосредственного измерения. Таким образом, были получены зависимости мощности тепловых потерь от температуры образца, которые при дальнейших испытаниях на усталость при одновременном измерении температуры использовались в качестве калибровочных для расчета тепловых потерь.

Наиболее надежные результаты по измерению рассеиваемой энергии получены В.В. Федоровым. Применение специального охранного устройства, исключающего рассеяние тепла через боковые поверхности образца, позволяет отказаться от использования теоретических зависимостей, содержащих большое число трудно контролируемых параметров, что сводит к минимуму возможные погрешности измерений. В основе использовавшейся методики измерения лежит метод длинного стержня, который применяется при измерении теплофизических свойств металлов. При заданных размерах образцов и параметрах теплообмена задача является одномерной (температура меняется только по длине образца). На рис. 1 приведена схема установки для калибровки и измерения тепловых потоков при испытании сплошных цилиндрических и трубчатых образцов, разработанной на основе аналогичной установки, применявшейся В.В. Федоровым.

Большая часть выделяющегося при циклическом деформировании рабочей части образца тепла отводится в захваты машины. Возникающие при этом температурные перепады между рабочей частью образца и захватами, зависящие от мощности тепловыделения и характеризующие тепловой поток рассеяния, измеряются термопарами P_1 и P_2 (рис. 1). Температура разогрева образца, измеряемая термопарой P_3 , характеризует теплосодержание материала, которое, как показали опыты испытаний на многоцикловую усталость, составляет доли процента в общем энергетическом балансе.

Несмотря на сравнительно низкую теплопроводность воздуха, в силу относительно большой боковой поверхности образца значительное количество тепла отводится через эту поверхность, т.е. минуя измерительные каналы термопар P_1 и P_2 . Так как величина этих потерь зависит от температуры окружающей среды, возникает необходимость либо в стабилизации боковых потерь, либо (что является наиболее рациональным) в их полном устранении.

Калибровки, выполненные при различных способах пассивной теплоизоляции образца, а также при создании встречного теплового потока (активная защита) показали, что наиболее стабильными являются результаты, полученные при полном устранении тепловых потерь через боковую поверхность путем создания встречного потока равной мощности. Автоматическое регулирование величины этого потока осуществляется по методу охранной поверхности (рис. 1). Образец помещен в камеру, на наружной поверхности которой размещена электрическая спираль, создающая при необходимости встречный по отношению к тепловому излучению образца тепловой поток. В промежутке между образцом и внешней оболочкой камеры расположены с небольшим зазором па тонкостенных медных цилиндра с размещенной на их поверхностях дифференциальной термопарой. При равенстве теплового потока от образца и встречного теплового потока от спирали все тепло, выделяющееся при деформировании, идет вдоль образца через измерительные каналы. Если равенство тепловых потоков нарушается, то дифференциальная термопара фиксирует разность температур медных цилиндров и через блок автоматики либо усиливает, либо ослабляет нагрев внешней спирали, соответствующим образом уравнивая тепловые потоки. Таким образом, процесс регулирования осуществляется непрерывно и автоматически в течение всего испытания каждого образца.

Калибровка устройства заключается в пропускании через нагреватель калибровочного устройства (рис. 1) тока заданной мощности. При этом за счет охранного устройства все выделяющееся тепло отводится вдоль образца, что дает возможность прокалибровать термопары P_1 и P_2 по мощности теплового потока.

При испытании трубчатых образцов отличие устройства для исследования теплового эффекта от описанного выше чисто конструктивное. Компенсация внутреннего теплового потока по методу охранной поверхности нецелесообразна, так как этот поток, локализованный в закрытой с торцов теплоизолирующими пробками полости образца, пренебрежимо мал по сравнению с другими составляющими. При измерении суммарного теплового эффекта деформации в соответствии с изложенной методикой обеспечивается точность не менее 1,2 %.

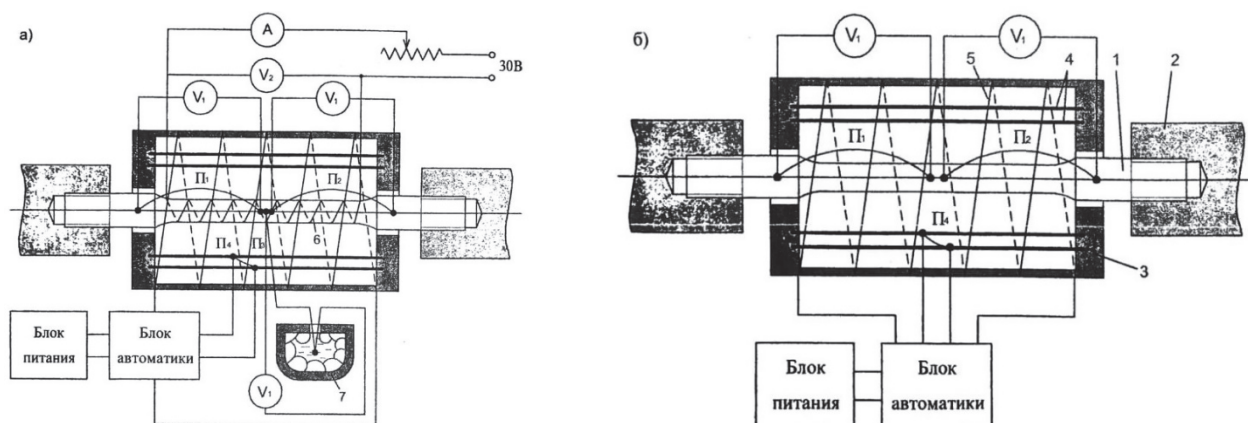


Рисунок 1 – Схема установки для калибровки (а) и измерения тепловых потоков (б): 1 – образец; 2 – захват; 3 – корпус камеры; 4 – охранные поверхности; 5 – нагреватель охранный устройства; 6 – нагреватель калибровочного устройства; 7 – термостат со льдом ($t = 0^{\circ}\text{C}$); Π_i – термопары

Суммарный тепловой эффект циклических деформаций может быть представлен в виде

$$q = \vec{q} + \Delta u ,$$

где q – мощность суммарного теплового эффекта; \vec{q} – мощность теплового потока рассеяния; Δu – мощность теплового потока, повышающего теплосодержание.

В связи с тем, что при многоциклового усталости $\Delta u < \vec{q}$, в дальнейшем будем считать $q \approx \vec{q}$. Погрешность такого упрощения в пределах исследованного диапазона напряжений не превышает 0,2-0,3 % и лежит в пределах точности измерений.

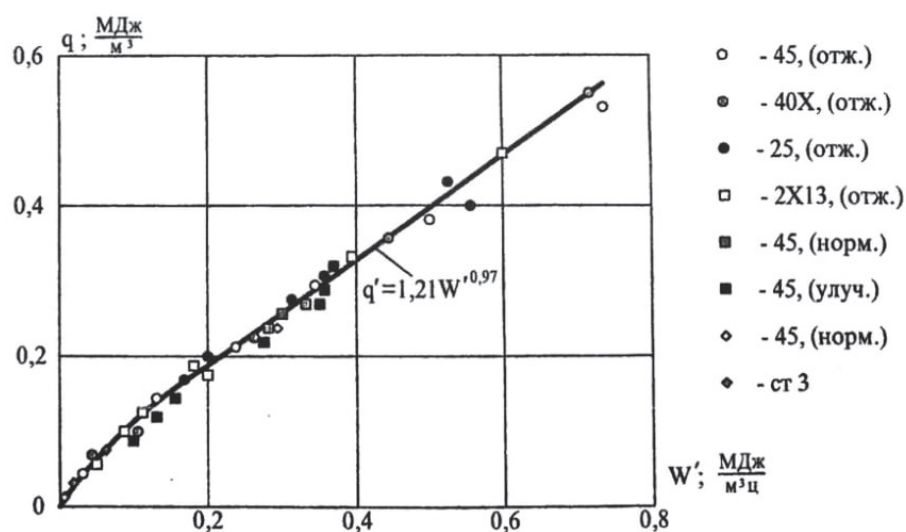


Рисунок 2 – Соотношение работы, описываемой площадью петли гистерезиса W' , и ее рассеиваемой в виде тепла части q' по опубликованным данным

Для предварительной оценки теплового эффекта циклической деформации по опубликованным в ряде работ экспериментальным данным были рассчитаны площади петель динамического гистерезиса W' , соответствующие работе, затрачиваемой за один цикл нагружения, и та ее часть, которая рассеивалась в виде тепла q' . На рис. 2. приведена зависимость между W' и q' для ряда материалов при различных видах термообработки. Вид поля экспериментальных точек позволяет сделать вывод, что для исследованных и, возможно, близких по составу малоуглеродистых и низколегированных сталей при данных видах термообработки химический состав, т.е. марка стали, и вид термообработки не влияют на

характер зависимости основных формул. Экспериментальным методом наименьших квадратов было получено выражение

$$\lg q' = 0.97 \lg W' + 0,081$$

при коэффициенте корреляции $r = 0,997$. Переходя от логарифмической к степенной зависимости, получим

$$q' = 1,21 \cdot W'^{0,97}, \quad (1)$$

график которой нанесен на рис. 2. Здесь q' и W' измеряются в [Дж/м³ · цикл].

Следует отметить, что использованные данные получены при одноосном циклическом растяжении-сжатии по симметричному циклу. Для одного из вариантов испытаний, в котором нагружение осуществлялось при изгибе с вращением, т.е. имел место градиент напряжения по сечению образца, также были рассчитаны q' и W' . Соответствующие точки нанесены на рис. 2. Положение этих точек говорит о том, что зависимость (1) справедлива и для случая циклического изгиба при симметричном цикле нагружения.

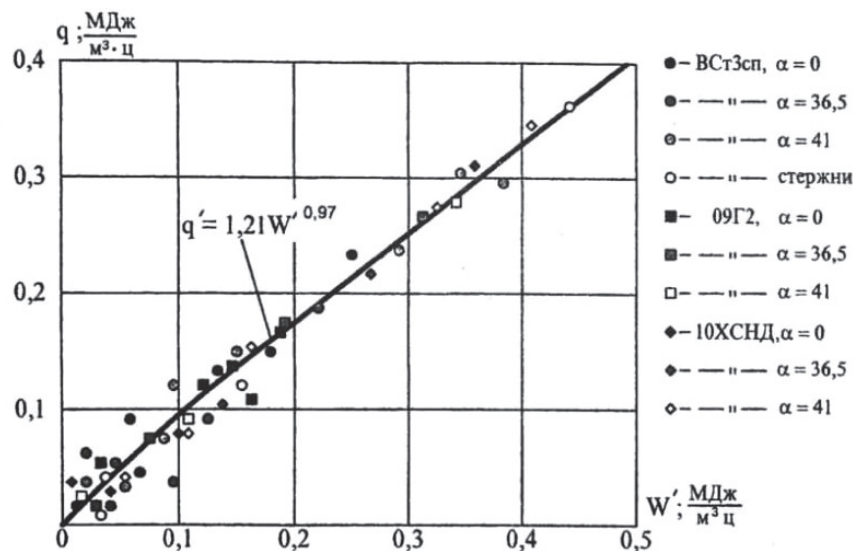


Рисунок 3 – Соотношение работы, описываемой площадью петли гистерезиса W' , и ее рассеиваемой в виде тепла части q' для судокорпусных сталей при различных видах напряженного состояния (α – угол наклона к продольной оси)

Для оценки влияния вида напряженного состояния на характер зависимости (1) проведена серия испытаний на усталость при симметричном цикле с одновременным измерением теплового эффекта. Испытывались сплошные цилиндрические и тонкостенные трубчатые образцы при трех различных видах одноосного и плоского напряженного состояния (угол наклона главных площадок к оси образца $\alpha = 0$ – осевое растяжение-сжатие, $\alpha = 36,5^\circ$, $\alpha = 41^\circ$ – плоское напряженное состояние) при пропорциональном нагружении и противоположных знаках σ_1 и σ_3 . Виды плоского напряженного состояния варьировались за счет различного сочетания осевой силы и скручивающего момента при механическом силовозбуждении, а суммарная работа за цикл вычислялась как принятая в определенном масштабе сумма площадей петель динамического гистерезиса по обоим главным площадкам.

Предварительно для сплошных цилиндрических и трубчатых образцов была проведена тепловая калибровка. Полученные на ее основе параметры потоков при испытаниях на многоцикловую усталость в условиях одноосного и плоского напряженных состояний приведены на рис. 3. Здесь же изображен график зависимости q' от W' , полученной выше

по данным других исследований (см. рис. 2). Характер расположения экспериментальных точек, а также параметры зависимости вида $q' = C \cdot W^n$, полученной методом наименьших квадратов отдельно для каждого вида напряженного состояния по всем трем исследованным материалам, свидетельствует об отсутствии определенной зависимости параметров C и n от вида напряженного состояния. Их отклонения от соответствующих значений, полученных для других марок сталей незначительны и носят случайный характер. Разброс экспериментальных точек при малых значениях W' по сравнению с рис. 2 объясняется тем, что основная их часть получена при испытаниях на многоцикловую усталость, т.е. при относительно меньших значениях измеряемых величин, что при равной точности измерений приводит к большим погрешностям.

На основании проведенного исследования трех судостроительных сталей можно сделать вывод, что для этих материалов при определении теплового эффекта циклических деформаций может быть принята зависимость (1), параметры которой не зависят от марки материала, вида напряженного состояния и наличия градиента напряжения.

Библиографический список

1. Аносов А.П., Славгородская А.В. Некоторые вопросы циклической прочности судовых конструкций. Владивосток, 2003.
2. Горбачев К.П., Краснов Е.Г., Субботинский В.В. Основы механики деформируемого твердого тела. Владивосток, 1998.

Кирилл Павлович Теплов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
гр. СМС-412, Россия, Владивосток

Научный руководитель – Рафаиль Равильевич Симашов, канд. техн. наук, доцент

**Анализ способов снижения окислов азота
в выпускных газах судовых дизелей**

Аннотация. В связи с ужесточением стандартов по экологическому соответствию, а именно стандарта TIER III, в данной работе рассмотрены такие способы соответствия, как селективное каталитическое восстановление окислов азота, а также анализируется применение гомогенизации водотопливной эмульсии. Рассмотрен метод Альфа лубриката. Показано, на сегодняшний момент времени идеальный универсальный путь решения проблемы не найден, каждый случай требует отдельной проработки.

Ключевые слова: окислы азота, селективное каталитическое восстановление, борьба с выбросами, экологические нормы.

Kirill P. Teplov

Far Eastern State Technical Fisheries University, SMS-412, Russia, Vladivostok

Scientific adviser – Rafail R. Simashov, PhD, Associate Professor

**Analysis of ways to reduce nitrogen oxides in the exhaust gases
of marine diesel engines**

Abstract. In connection with the tightening of environmental compliance standards, namely the TIER III standard, this paper considers such compliance methods as selective catalytic reduction of nitrogen oxides, and also analyzes the use of homogenization of a water-fuel emulsion. The method of the Alpha lubricator is considered. It is shown that at the present time, the ideal universal way to solve the problem has not been found, each case requires a separate study.

Keywords: nitrogen oxides, selective catalytic reduction, emission control, environmental standards.

Введение

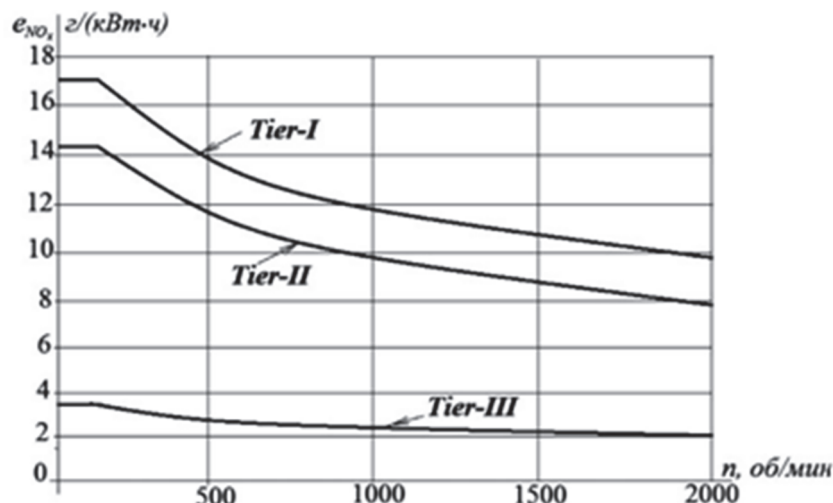
В Международной судоходной отрасли происходит постоянное ужесточение нормативно-правовой базы на ограничения выбросов в атмосферу. График наглядно показывает ужесточение требований Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (англ. MARPOL 73/78) для окислов азота:

Tier I до 1 января 2012 года;

Tier II с 1 января 2012 года и после этой даты;

Tier III с 1 января 2020 года и после этой даты.

В связи с такой наглядной проблемой, данная работа проводит сравнительный анализ следующих способов борьбы с загрязнениями.



Сокращение выбросов. Методы контроля выбросов, доступные сегодня

Альфа Лубрикатор. Скорость подачи масла в цилиндр влияет на выброс твердых частиц. Расход смазочного масла в цилиндрах представляет собой большие затраты на работу двигателя, а уменьшение смазки цилиндров является важной темой разработки. Цель состоит в том, чтобы уменьшить дозировку смазочного масла в цилиндрах, одновременно сохраняя смазку, чтобы обеспечить удовлетворительную скорость износа поршневого кольца / гильзы, и поддерживая или улучшая время между капитальными ремонтами.

Alpha Lubricator – система, которая представляет собой лубрикатор с электронным управлением высокого давления, который впрыскивает смазочное масло в цилиндр в точное положение и время, когда эффект является оптимальным, что не всегда возможно с обычными механическими лубрикаторами. Как для судовых двигателей, так и для двигателей, предназначенных для выработки электроэнергии, были продемонстрированы более низкие показатели расхода смазочного цилиндра. Благодаря низкой дозировке масла снижается около половины обычных выбросов, а также меньше масла из цилиндров расходуется в двигателе, где оно может попасть в системное масло, что приведет к увеличению TBN и вязкости.

Водотопливная эмульсия. Механизм восстановления NO_x , возникающий в результате введения воды в камеру сгорания, достигается за счет снижения пиковой температуры воды на процесс сгорания. В начале 1980-х гг. были проведены испытания по снижению NO_x с использованием эмульсий вода-в-топливе. До этого времени эмульгатор в основном рассматривался для гомогенизации мазута для рассеивания осадка и воды, остающихся в топливе после центрифугирования.

Что касается выбросов NO_x , водные эмульсии показали значительное сокращение выбросов NO_x с относительно ограниченным штрафом с точки зрения увеличения потребления мазута. С 1984 г. многолетний опыт эксплуатации доступен для двигателей силовых установок, работающих с добавлением до 50 % воды в топливо в соответствии с местными правилами. Опыт работы с ультразвуковыми и гомогенизаторами механического типа был также приобретен в бывшем исследовательском центре в Копенгагене. (1L42MC) и на испанском острове Менорка (10L67GBE-S). Кроме того, были проведены испытания двигателя 5S60MC с добавлением почти 50% воды. Кроме того, были проведены испытания на 4T50ME-X в Копенгагене. Эти тесты и результаты обслуживания были удовлетворительными как в отношении снижения выбросов NO_x , так и в отношении производительности двигателя.

Довольно большие колебания нагрузки и высокий уровень безопасности, необходимый для морских судов, требуют испытаний и утверждения системы специально разработанной системы безопасности. Поэтому в настоящее время в эксплуатации находится полномас-

штабная испытательная установка на двигателе 11K90MC, установленном на контейнеровозе APL. Ожидается, что испытание будет завершено в начале 2009 года. Опыт, полученный в ходе испытаний и последующей эксплуатации, соответствует нашим ожиданиям в отношении сокращения выбросов NOx и эксплуатации блоков. Для двухтактного двигателя мы наблюдали снижение NOx на 10% на каждые 10% добавленной воды.

Гомогенизаторы водотопливной эмульсии. Для оптимального распыления в камеру сгорания рекомендуется, чтобы капли воды в мазуте после эмульгирования были как можно меньше. Как ультразвуковой, так и механический типы гомогенизатора могут быть использованы для получения одинакового уровня снижения NOx на единицу добавленной воды без ухудшения общей производительности двигателя. Однако если двигатель должен работать на дизельном масле, может потребоваться добавить присадки для стабилизации эмульсии. Добавление воды к ГФО путем гомогенизации увеличивает вязкость. Для поддержания вязкости на входе в двигатель при 10-15 сСт, макс. 20 сСт, может возникнуть необходимость повысить температуру более чем до 150 °С, что является стандартным на сегодняшний день (макс. 170 °С при 50 % воды) и соответственно повысить давление в контуре топливного масла, чтобы избежать кипения воды.

Вода, используемая для эмульгирования, должна быть деминерализована, чтобы соответствовать максимальному пределу для соли (NaCl) в топливе. Это связано с тем, что натрий может реагировать с ванадием в жидком топливе, так что частицы/отложения ванадия могут накапливаться на шпинделях и седлах клапанов, что приводит к утечкам. Вода также должна быть без других солей и должна быть чистой, чтобы эксплуатация не приводила к загрязнению форсунок, компонентов выхлопных газов и котлов.

Необходимо будет добавить в систему пневматический предохранительный насос и сливной бак. Пневматический насос будет поддерживать давление в системе в случае отключения электроэнергии. Дренажный бак используется, если необходима промывка системы для удаления эмульгированного водой топлива. Обе системы были запатентованы MAN Diesel.

SCR (селективное каталитическое восстановление) является периферийной системой обработки отработавших газов, способной снизить выбросы NOx более чем на 80 % на любом типе двигателя. SCR – это хорошо известное и хорошо себя зарекомендовавшее в автотранспортном приложении «дополнение» системы очистки отработавших газов. Система как таковая не требует изменений основной конструкции двигателя и, по существу, позволяет свободно выбирать любого производителя двигателя. Концепция SCR предполагает использование в системе выпуска каталитической установки (реактора), который производит восстановление оксидов азота посредством взаимодействия их с раствором мочевины распыленным в потоке отработавших газов в присутствии катализатора (оксиды металлов переменной валентности). Несмотря на кажущуюся простоту процессов, при использовании SCR могут возникнуть особые проблемы использования в тех случаях, когда системы поставляются не производителями оригинального оборудования. В этой связи в последнее время ведущие производители двигателей самостоятельно производят разработку и комплектование своей продукции системами SCR, управление которыми производится по оригинальным программам. Компоновка системы SCR показана на рис. 1.

Эффективное протекание каталитической реакции восстановления оксидов азота в реакторе SCR требует определенного уровня температур отработавших газов, что делает проблематичным использование реактора на режимах малой нагрузки двигателя. Поэтому для двухтактных двигателей наиболее вероятным является расположение блока SCR в непосредственной близости от двигателя, перед турбинной частью турбокомпрессора, что позволяет расширить диапазон активного функционирования SCR. Таким образом, уместно рассмотреть системы SCR высокого и низкого давления. Основным принцип системы SCR высокого и низкого давления показан на рис. 2.

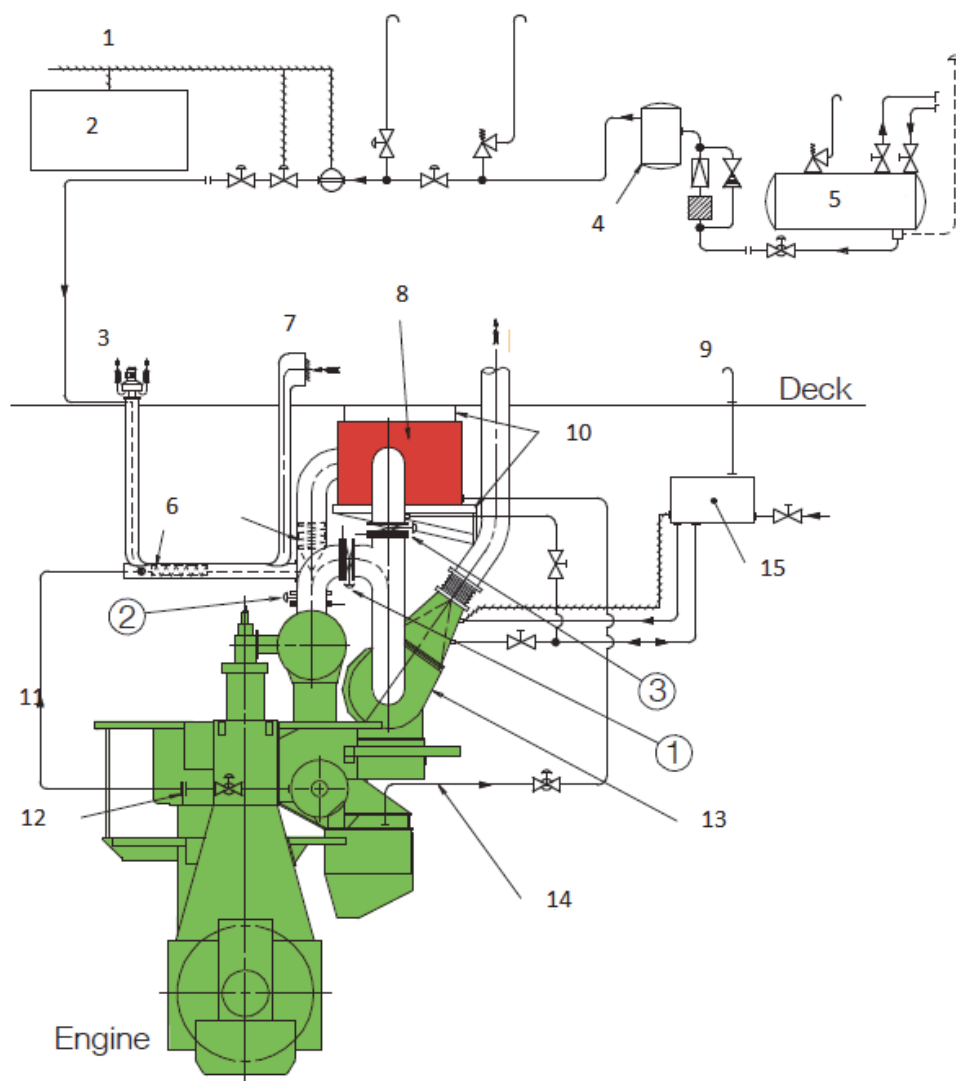


Рисунок 1 – Схема системы SCR:

1 – воздух; 2 – процессный компьютер; 3 – отверстие для выпуска воздуха; 4 – испаритель; 5 – бак аммиака; 6 – статический миксер; 7 – воздухозаборник; 8 – реактор SCR; 9 – выхлопных газов; 10 – суппорт; 11 – воздух; 12 – перегородка; 13 – высокоэффективный турбокомпрессор; 14 – предварительный нагрев и герметизация воздуха; 15 – анализаторы NO_x и O₂

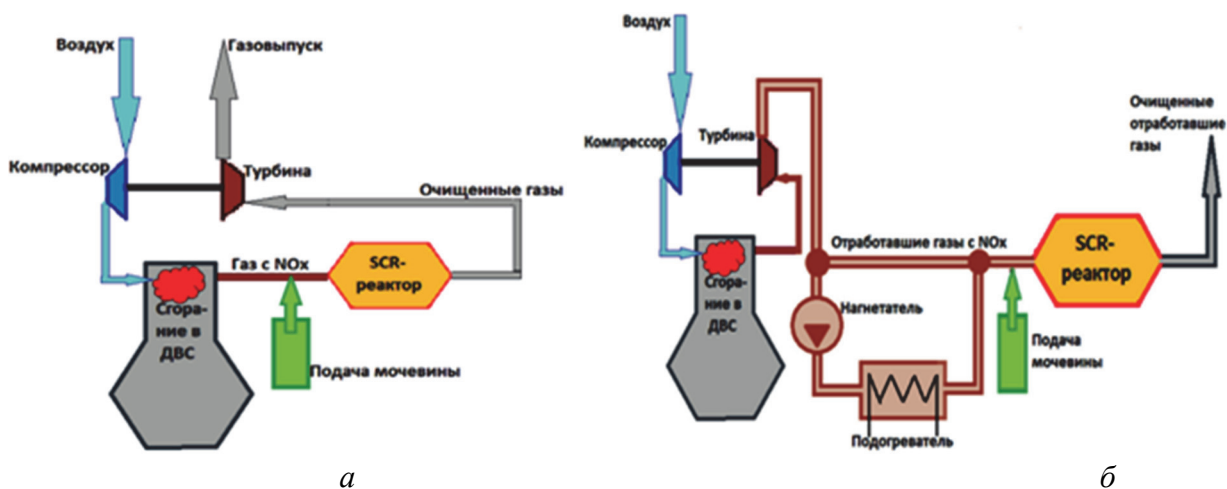


Рисунок 2 – Конструктивные отличия SCR высокого давления (а) и SCR низкого давления (б)

Все достоинства и недостатки SCR указаны в таблице.

Достоинства и недостатки SCR

Достоинства	Обеспечение возможности сокращения выбросов оксидов азота более чем на 80 % и достижение соответствие эмиссии NOx уровня стандарта Tier III
	Минимальное воздействие на рабочие процессы в двигателе, отсутствие требований к изменению конструкции двигателя
	Достаточно эффективное удаление NOx для большинства режимов работы двигателя
	Доступная и отработанная технология, растущая справочная база, более трехсот установок по всему миру
Недостатки	Ограниченное удаление NOx при низких нагрузках двигателя (маневрирование, операции динамического позиционирования и т.д.)
	Занимает дополнительное пространство машинного отделения, необходим резервуар для хранения мочевины на борту. Требуется периодическое пополнение запасов мочевины
	Может привести к незначительному увеличению расхода топлива двигателем (менее чем на 1 %)
	Дополнительные расходы на потребление мочевины в районах NOx ECA (примерно до 8 % дополнительно к стоимости расходуемого топлива)
	Использование SCR связано с увеличением расхода топлива энергетической установкой в основном за счет работы подсистем обеспечения реакций восстановления

Заключение

Рассмотренные в работе способы имеют свои достоинства и недостатки, и однозначно выявить наиболее эффективный из них на данный момент времени не представляется возможным. Применение того или иного метода снижения вредных выбросов или их совокупности требует учета индивидуальных особенностей в каждом конкретном случае.

Библиографический список

1. Живлюк, Г.Е. Техническое обеспечение для соответствия судовых энергетических установок новым требованиям 2021 г. по выбросам оксидов азота / Г.Е. Живлюк, А.П. Петров // Вестник Гос. ун-та морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова. 2020. Т. 12. № 1. С. 122–138. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-1-122-138.
2. Пьяе, П.А. Анализ способов снижения содержания соединений серы в выпускных газах судовых двигателей / П.А. Пьяе // Вестник Гос. ун-та морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова. 2018. Т. 10, № 4. С. 793–803. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-793-803.
3. Живлюк, Г.Е. Экологическая безопасность судовых ДВС. Выбор эффективного способа соответствия новым требованиям 2020 г. по выбросам серы / Г.Е. Живлюк, А.П. Петров // Вестн. Гос. ун-та морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова. 2019. Т. 11, № 4. С. 727–744. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-4-727-744.

Дмитрий Сергеевич Хиврич

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ЭНб-112, Россия, Владивосток, e-mail: khivrichd@gmail.com

Егор Григорьевич Емельянов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ЭНб-112, Россия, Владивосток, e-mail: dedrixoo123@gmail.com

Научный руководитель – Алексей Алексеевич Крюков, старший преподаватель

Определение центра тяжести объемного тела

Аннотация. Рассматривается два способа определения центра тяжести объемного тела: координатный и метод компьютерного моделирования. Координатный способ основан на теореме о моменте равнодействующей (теорема Вариньона). Компьютерное моделирование осуществляется программным продуктом Компас-3D. В данном исследовании используется учебная версия программного продукта. На первом этапе построены две трехмерные виртуальные модели, выполненные по исходным размерам. На втором этапе сгенерированы значения расчетных параметров, таких как масса, площадь, объем и центр тяжести твердого тела. Одновременно со вторым этапом проходит координатный метод определения центра тяжести и сравнение значений центров тяжести. В работе представлены выводы о целесообразности применения данного программного продукта.

Ключевые слова: координатный метод, момент равнодействующей, теорема Вариньона, трехмерные модели, виртуальные модели, центр тяжести.

Dmitry S. Khivrich

The Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-112, Vladivostok, Russia, e-mail: khivrichd@gmail.com

Egor G. Emelyanov

The Far Eastern State Technical Fisheries University, ENb-112, Vladivostok, Russia, e-mail: dedrixoo123@gmail.com

Scientific adviser – Alexey A. Kryukov, Senior Lecturer

Determination of the center of gravity of a three-dimensional body

Abstract. The paper considers two methods for determining the center of gravity of a three-dimensional body: coordinate and computer modeling method. The coordinate method is based on the resultant moment theorem (Varignon's theorem). Computer modeling is carried out by the Compass-3D software product. In this study, the educational version of the software product is used. At the first stage, two three-dimensional virtual models were built, made according to the original dimensions. At the second stage, the values of calculated parameters such as mass, area, volume and center of gravity of a solid are generated. Simultaneously with the second stage, the coordinate method of determining the center of gravity

and comparing the values of the centers of gravity takes place. The paper presents conclusions about the feasibility of using this software product.

Keywords: coordinate method, resultant moment, Varignon's theorem, three-dimensional models, virtual models, center of gravity.

Введение

Определения центра тяжести деталей, конструкций, машин и механизмов нашло свое применение во всех отраслях промышленности: автомобилестроение, самолетостроение и судостроение и т.д. В повседневной жизни каждый автолюбитель практически не задумывается об изменениях в автомобиле при дополнительном весе на нем. На судах центр тяжести играет роль важную роль в таком мореходном качестве судна, как плавучесть. Понять принцип модификации при этом помогают знания о центре тяжести.

Гравитация - это одно из проявлений закона всемирного тяготения. Сила распределяется по всему объему тела, поскольку на каждую из его материальных частиц действует сила притяжения, направленная к центру Земли. Силы притяжения, приложенные к частицам твердого тела, образуют систему с линиями действия, сходящимися в центре Земли. Радиус Земли составляет 6380 км, и если взять любые две точки на поверхности на расстоянии 10 метров друг от друга, то линия притяжения этих точек составит $1,57 \cdot 10^{-7}$ рад. Следовательно, углы между линиями притяжения настолько малы, что такую систему сил можно считать параллельной.

Цель работы

В работе рассматриваются две объемные детали, для которых необходимо определить центр тяжести. Центр тяжести будет определяться двумя способами: координатный и с использование компьютерного моделирования.

Координатный метод основан на применении теоремы о моменте равнодействующей (теорема Вариньона). Первоначально сложная деталь разбивается на множество простейших. Применяя теорему Вариньона, происходит интегрирование значений центров тяжести конкретной части и определение общего центра тяжести.

Применение современных информационных технологий облегчают технологические процессы проектирования и изготовление деталей машин и механизмов. В свете санкционной политики ряда стран в отношении нашей страны, необходимо применять отечественные аналоги зарубежных информационных технологий. Перспективным продуктом системы автоматизированного проектирования (САПР, CAD) является Компас 3D от компании Аскон. Для учебных и домашних целей в наличии имеется бесплатная версия данного программного продукта. Его возможностей достаточно для обучения школьников, студентов и аспирантов, то есть для построения трехмерной виртуальной модели и определение основных расчетных параметров, таких как масса, площадь, объем и центр тяжести твердого тела.

Постановка задачи

На первом этапе с физических моделей, показанных на рисунке 1, снимаются основные размеры для построения чертежа будущих трехмерных виртуальных моделей. Измерения осуществляются с помощью точных измерительных инструментов, таких как штангенциркуль и микрометр.

На втором этапе применяя методы трехмерного моделирования, на основе двухмерного чертежа строится трехмерная модель. Применяя такие функции как вычитание, объединение и выдавливание создается точная виртуальная модель первоначального твердого тела. Используя функцию Диагностика→МЦХ модели, генерируются значения расчетных параметров, таких как масса, площадь, объем и центр тяжести твердого тела.

Одновременно со вторым этапом проходит координатный метод определения центра тяжести. Для данных тел достаточно определить центр тяжести в двух проекциях, используя теорему Вариньона.

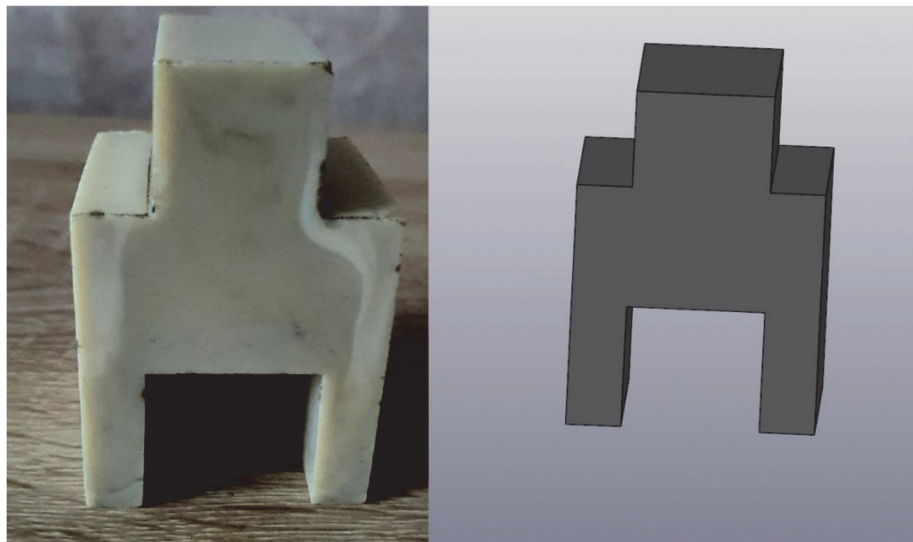


Рисунок 1 – Физическая модель и виртуальное тело № 1

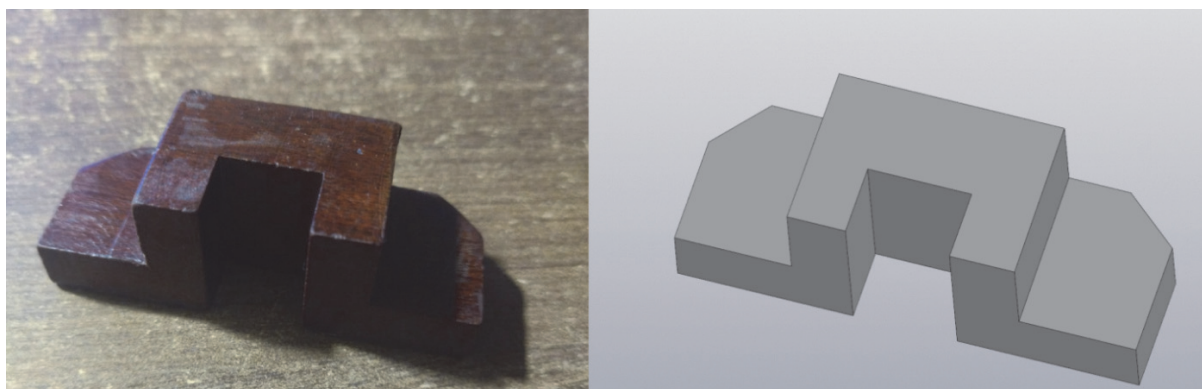


Рисунок 2 – Физическая модель и виртуальное тело № 2

Результаты и обсуждение

Применим теорему о моменте равнодействующей (теорему Вариньона) относительно начала координат (точки 0):

$$F_{\Sigma} \cdot x_C = F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3 + F_4 \cdot x_4 , \quad (1)$$

$$x_C = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3 + F_4 \cdot x_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4} , \quad (2)$$

$$y_C = \frac{F_1 \cdot y_1 + F_2 \cdot y_2 + F_3 \cdot y_3 + F_4 \cdot y_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4} , \quad (3)$$

$$z_C = \frac{F_1 \cdot z_1 + F_2 \cdot z_2}{F_1 + F_2} . \quad (4)$$

Центр тяжести симметричного тела всегда лежит в плоскости симметрии. Плоскость симметрии разделяет тело так, что каждой материальной точке, находящейся по одну сторону плоскости, соответствует равная ей по массе точка по другую сторону, причем линия, соединяющая эти точки, перпендикулярна плоскости симметрии и делится ею пополам.

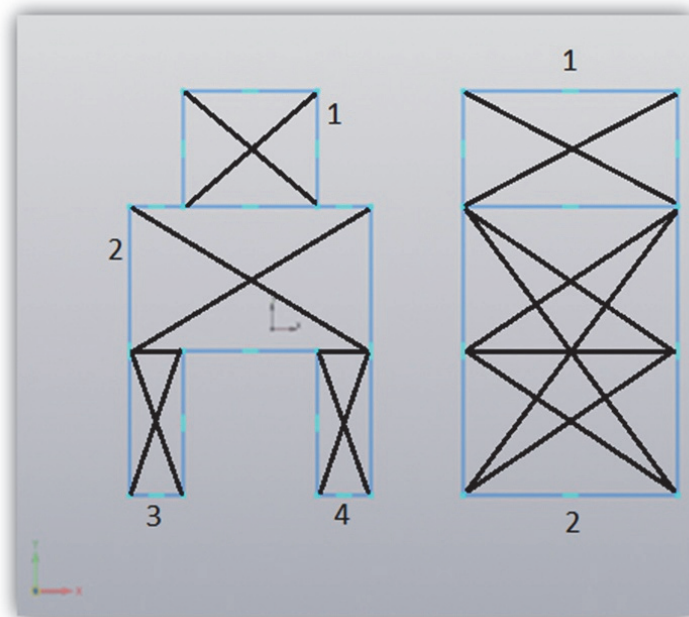


Рисунок 3 – Двухмерный чертеж детали

$$x_c = \frac{500 \cdot 0 + 1125 \cdot 0 + 250 \cdot (-17,5) + 250 \cdot 17,5}{500 + 1125 + 250 + 250} = 0 \text{ мм}$$

$$y_c = \frac{500 \cdot 35 + 1125 \cdot 12,5 + 250 \cdot (-12,5) + 250 \cdot (-12,5)}{500 + 1125 + 250 + 250} = 11,91 \text{ мм}$$

$$z_c = \frac{800 \cdot 20 + 2000 \cdot 20}{800 + 2000} = 20 \text{ мм}$$

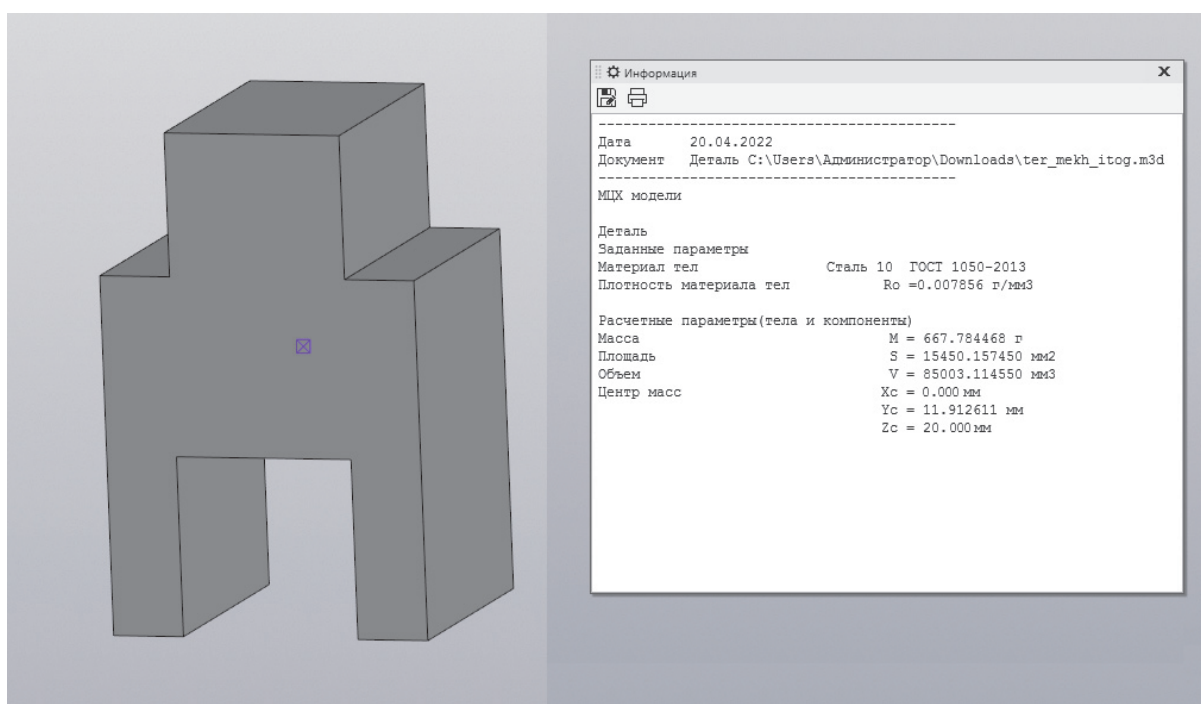


Рисунок 4 – Результат определения центра тяжести виртуального тела № 1

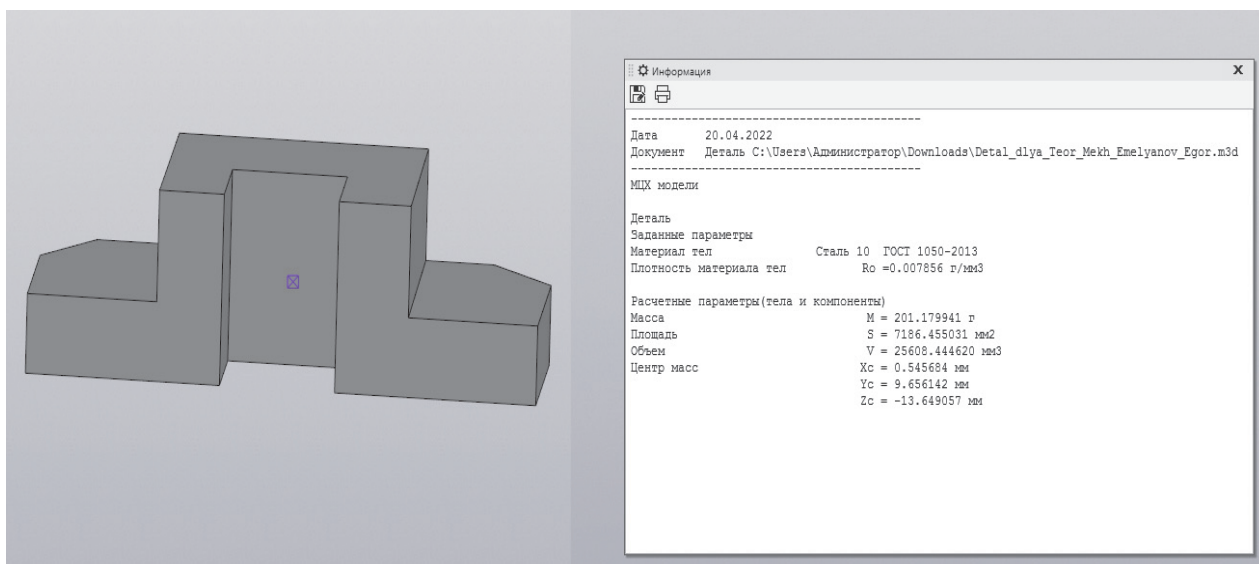


Рисунок 5 – Результат определения центра тяжести виртуального тела № 2

Заключение

В рассмотренных результатах этой работы, приходим к следующим выводам:

- современные системы автоматизированного проектирования позволяют быстро и удобно смоделировать трехмерное тело и определить его основные расчетные параметры;
- моделирование в программном продукте Компас 3D позволяет обобщить знания и умения, полученные в таких дисциплинах, как «Теоретическая механика», «Инженерная графика» и «Начертательная геометрия»;
- компьютерное моделирование позволяет расширить в дальнейшем компетенции обучающихся в области таких дисциплин как «Компьютерная графика», «Прикладная механика» и т.д. в рамках образовательной траектории студента;
- использование программного продукта Компас 3D позволяет заместить на рынке образовательных услуг зарубежные аналоги систем автоматизированного проектирования, что целесообразно в настоящее время.

Библиографический список

1. Вереина Л., Краснов М. Техническая механика. М.: Academia, 2015.
2. Павлов В., Доронин Ф. Теоретическая механика. М.: Academia, 2009.
3. Мовнин М., Израелит А., Рубашкин А. Основы технической механики. СПб.: Политехника, 2014.
4. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. М.: Высш. шк., 1989.
5. Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов. М.: Высш. шк., 2001.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ	3
<i>Ашов И.В., Доценко М.Р.</i> Ледовые условия Охотского моря в текущем ледовом сезоне 2021–2022 гг.	3
<i>Ашов И.В.</i> Анализ аварийности судов по причине столкновений	9
<i>Ашов И.В.</i> Правовое обеспечение безопасности мореплавания.....	13
<i>Белов С.Г.</i> Риски, связанные с использованием ECDIS	20
<i>Бессараб М.Р.</i> Специальные меры обеспечения навигационной безопасности в узкостях и стесненных водах	23
<i>Бессараб М.Р.</i> Разработка алгоритма поиска и оценки рыбных скоплений на гидролокаторе последнего поколения	28
<i>Васильченко Д.А.</i> Безопасность мореплавания во льдах	35
<i>Воловенко В.В.</i> Исследование необходимости использования астронавигации для обеспечения безопасности мореплавания	38
<i>Вотинов С.К., Назаренко Л.В.</i> Аварии на судах в случае неисправности технических средств навигации и судовых устройств.....	43
<i>Галимуллин Д.А.</i> Исследование практического использования астрономических методов определения поправки гирокомпаса	47
<i>Галимуллин Д.А.</i> Исследование альтернативных методов повышения точности лагов	50
<i>Ганжа Л.Д., Кудюров Д.А.</i> Анализ нормативно-правовой документации в вопросах безопасной эксплуатации технических средств судовождения.....	53
<i>Данилова Ю.А., Пестриков И.А.</i> Исследование повышения точности работы магнитного компаса КФ-1 для улучшения безопасности судовождения.....	58
<i>Дегтерев Д.В.</i> Анализ источников риска в мореплавании	66
<i>Доценко М.Р.</i> Исследование аварийности судов по причине посадки на мель	74
<i>Ергакова И.В.</i> Применение астрономических методов определения места судна для обеспечения безопасности мореплавания	79
<i>Калинин Д.С.</i> Аварии судов по причине потери остойчивости.....	84
<i>Кордюк М.В., Касаткин А.А.</i> Конструктивное обеспечение непотопляемости судна.....	87
<i>Коробков А.С.</i> Жизнь без GPS	91
<i>Куявский А.А.</i> Плавание в порту Владивосток	94
<i>Маслаков Я.Д., Бачкала Е.О.</i> Повышение точности функционирования волоконно-оптического гирокомпаса	99
<i>Мищенко Р.А.</i> Возможные ограничения в работе радионавигационного и спутникового оборудования вследствие санкций стран ЕС	106
<i>Отрышко А.С.</i> Перспективы развития СПГ-танкеров в России.....	110
<i>Паненков А.А.</i> Газовозы: морские перевозки сжиженного газа	113
<i>Писаревский И.А.</i> Безопасность мореплавания в условиях плохой видимости	116
<i>Самокиш И.К.</i> Повышение точности работы индукционного лага ИЭЛ-3М для улучшения безопасности судовождения	120
<i>Сыпало А.С.</i> Анализ аварийности судов по гидрометеорологическим причинам	125
<i>Токарь А.И.</i> Травматизм на море в результате нарушения правил техники безопасности.....	130
<i>Тунник Н.К., Болдарев Е.А.</i> Пожары в машинных помещениях.....	135
<i>Тюкин О.К.</i> Особенности радиосвязи на промысловых судах.....	138
<i>Шмигидер Н.С.</i> Ледовая обстановка в Беринговом море в 2021–2022 гг.	142

Секция 2. СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ.....	147
<i>Жетю И.В.</i> Особенности эксплуатации устройств на низкосернистом топливе	147
<i>Теплов К.П.</i> Анализ способов снижения концентрации вредных веществ в выпускных газах судовых дизелей.....	151
<i>Швец Д.В.</i> Перспективы применения маломощных высокоскоростных турбоприводов.....	159
<i>Шпырь А.И.</i> Перспективы применения малорасходной биротативной турбины с большим относительным шагом лопаток	162
Секция 3. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА	165
<i>Бакиев А.А., Нос Е.А.</i> Автоматизация систем внешнего освещения зданий рыбохозяйственной промышленности.....	165
<i>Бакиев А.А.</i> Перспектива применения полимерных изоляторов	171
<i>Гаджиев З.Р.о.</i> Линии электропередач постоянного тока.....	177
<i>Данилова Ю.А.</i> Расчет электропривода якорно-швартовного устройства балкера	181
<i>Заярный А.А.</i> Трансформация токов короткого замыкания через трансформатор 10/0,4 кВ.....	187
<i>Звездин Д.А.</i> Пространственный электромузыкальный инструмент терменвокс	192
<i>Зиякаев К.Ю.</i> Ветряки и ветроэнергетика в России	195
<i>Компаев М.М.</i> Определитель короткозамкнутых витков.....	199
<i>Кондратенко А.Д.</i> Устройство автоматической защиты от поражения током.....	203
<i>Косарев А.В.</i> Осмос в качестве альтернативного источника энергии	206
<i>Кочергин Г.Е.</i> Турбогенератор.....	212
<i>Мелехов В.С.</i> Измеритель солености морской воды.....	217
<i>Мелехов В.С.</i> Поиск неисправностей в системах управления роботами	219
<i>Мельников И.В.</i> Автоматизированная система освещения предприятий рыбопромышленной отрасли.....	225
<i>Мотрий В.А.</i> Системы управления и автоматизации дизель-генераторными агрегатами.....	230
<i>Петухова Е.А., Гумметов Д.Р.</i> Актуальные аспекты систем вентиляции и кондиционирования воздуха на рыбоперерабатывающих предприятиях.....	236
<i>Сабашинюк А.С.</i> Влияние изменения качества электрической энергии на работу судового электрооборудования	240
<i>Сабашинюк А.С.</i> Судовой стационарный измеритель температуры морской воды для поиска сайры.....	246
<i>Семаков Н.Р.</i> Судовые кабели	249
<i>Сидлецкий М.Л.</i> Очистка воздуха от рыбомучной пыли.....	254
<i>Тараненко А.А.</i> Исследование интерактивной модели «Принцип работы направленных МТЗ»	258
<i>Федулин В.Р.</i> Способы компенсации реактивной мощности	264
<i>Шарафутдинов Е.Р.</i> Современные линии электропередач.....	268
<i>Шмыков А.Н.</i> Использование датчиков в робототехнике.....	273
<i>Юрченко А.П.</i> Способы борьбы с обледенением на проводах линий электропередач	277
Секция 4. ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ.....	285
<i>Букреев Ю.К.</i> Принцип действия электромагнитных реактивных двигателей.....	285
<i>Высоцкий Ф.С., Евстратов А.С.</i> Физические ограничения при производстве интегральных схем.....	288
<i>Гридин Е.О.</i> Беспроводная передача электрической энергии.....	292
<i>Дусь И.А.</i> Качество электроэнергии	294
<i>Емельянов Е.Г.</i> Атомные электростанции с реакторами типа ВВЭР.....	296

<i>Ермышко Д.А.</i> Добыча сланцевого газа.....	300
<i>Заборьев В.К.</i> Парадокс квантовых частиц «Эффект наблюдателя»	306
<i>Калугин Н.Ю.</i> Проблемы термоядерного синтеза.....	308
<i>Ковтун А.Ю.</i> «Зелёная» энергетика в странах Европы.....	313
<i>Кордюк М.В.</i> Специальная теория относительности. Путешествие в будущее.....	315
<i>Лебедев М.В.</i> Исследование теплопроводности металлов через моделирование температурных полей движущихся источников.	319
<i>Нелюбин Н.А.</i> Электростатический реактивный двигатель	324
<i>Хиврич Д.С.</i> Методы диагностики электросетевого оборудования	327
<i>Черных Р.С.</i> Гармонизация системы учета электроэнергии.....	330
Секция 5. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС И ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ	333
<i>Владимиров М.С.</i> Эффективность и перспективы развития топливной системы двигателей внутреннего сгорания	333
<i>Волинец Р.Д.</i> Инновационные двигатели внутреннего сгорания без распределительного вала.....	341
<i>Демин А.А.</i> Коррозия морского водного транспорта и пути её предотвращения	346
<i>Демин А.А.</i> Проблемы и перспективы развития порта Восточный.....	352
<i>Салиенко Д.А.</i> Развитие Северного морского пути: национальный и международный аспекты.....	361
<i>Секацкий М.В.</i> Перспективы морского порта ООО «Зарубино».....	364
<i>Сулимов З.О.</i> Особенности секционной сборки корпуса судна с применением сварочных технологий.....	367
<i>Сылко А.С.</i> Применение грузозахватных приспособлений, их эксплуатация и техника безопасности при их использовании в порту	371
<i>Тынкова А.Д.</i> Анализ российского рынка угля	375
Секция 6. ИНЖЕНЕРНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ	380
<i>Богомякова А.Р.</i> Инновационная конструкция подъемных механизмов для виловых погрузчиков.....	380
<i>Владимиров М.С.</i> Моделирование противораскачивающего устройства судового крана	386
<i>Галетов Д.О.</i> Геометрическая модель для прогнозирования поведения цепи вариатора.....	390
<i>Григорьев В.К.</i> Технология изготовления коленчатого вала	393
<i>Демин А.А.</i> Краткий анализ и проектирование оптимизации энергосбережения параллельного подъемного механизма для стереоскопического парковочного робота	395
<i>Киселёва Е.Д.</i> Сдвиг и кручение стержней.....	400
<i>Коваль Э.С., Сагитов А.В.</i> Анализ методов определения и измерения шероховатости поверхности	404
<i>Ракоид А.Р.</i> Тепловой эффект циклических деформаций судостроительных сталей	409
<i>Теплов К.П.</i> Анализ способов снижения окислов азота в выпускных газах судовых дизелей.....	414
<i>Хиврич Д.С., Емельянов Е.Г.</i> Определение центра тяжести объемного тела	419

Электронное научное издание

МОРЕХОДЫ – РАЗВИТИЮ РЫБНОЙ ОТРАСЛИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

**Материалы XIV Международной научно-технической
конференции студентов, курсантов и молодых ученых**

(Владивосток, 20–22 апреля 2022 года)

Подписано в печать 27.06.2022. Формат 60х84/8.
Усл. печ. л. 49,75. Уч.-изд. л. 48,50. Заказ 0848.
Тиражируется на машиночитаемых носителях

Оригинал-макет подготовлен
Центром публикационной деятельности
«Издательство Дальрыбвтуза»
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б