



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Информационные технологии и системы безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Магистерская диссертация)

**На тему: Автоматизированные методы управления техническим
обслуживанием судовых устройств при плавании в арктических морях**

Исполнитель Латышев Илья Андреевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Профессор, Доктор технических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Сикарев Игорь Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

доктор технических наук
(ученая степень, ученое звание)

Бурлов Вячеслав Георгиевич
(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 2025 г.

Санкт–Петербург
2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра _____ Информационные технологии и системы безопасности _____

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой

(подпись) (фамилия, имя, отчество)
« ____ » _____ 20 ____ года

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

студенту _____ Латышеву Илье Андреевичу _____
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема _____ Автоматизированные методы управления техническим обслуживанием судовых устройств при плавании в арктических морях

_____ закреплена приказом ректора Университета от « ____ » _____ 20 ____ года, № _____.

2. Срок сдачи законченной работы « ____ » _____ 20 ____ года.

3. Исходные данные к работе

_____ 3.1 Нормативно-правовые документы

_____ 3.2 Нормативно-технические документы

4. Основные вопросы, подлежащие разработке (краткое содержание ВКР)

- исследование предметной области в рамках темы магистерской диссертации по библиографическим источникам;
- проанализировать литературу и информацию по выбранной прикладной задаче, в том числе полученную с помощью глобальных сетей и на иностранном языке
- сформулировать актуальность решаемой прикладной задачи, цели и задачи ее решения и место прикладной задачи в области совершенствования морских информационных систем
- исследование научных подходов и методик, инструментальных средств и программно-аппаратных систем, необходимых для решения поставленной задачи;
- рассмотреть теоретические основы, научные методы и средства решения поставленной инженерной задачи
- разработку решения поставленной задачи с обоснованием применяемых методов и средств;
- разработать пути, методы, модели, методики решения задачи
- обработку экспериментальных данных и формулирование полученных результатов.
- разработать рекомендации и предложения по внедрению полученных результатов

- оценить техническую, экономическую эффективность их внедрения в области применения морских информационных систем
 - письменно обосновывать и защитить свои позиции и результаты исследований и оформить как рукописный труд
5. Перечень материалов, представляемых к защите:
- ВКР (пояснительная записка);
 - отзыв руководителя;
 - заключение о проверке работы в системе «Антиплагиат»;
 - отзыв рецензента;
 - иллюстративный материал (иллюстрации, слайды, таблицы)
6. Консультант по работе с указанием разделов работы:

_____ .
 (должность, фамилия, имя, отчество, глава __)

7. Дата выдачи задания: «__» _____ 20__ года
 Руководитель выпускной квалификационной работы
 _____ Профессор, Доктор технических наук, профессор Сикарев Игорь
 Александрович _____
 (должность, ученая степень, ученое звание, фамилия, имя, отчество) (подпись)

Задание принял к исполнению «__» _____ 20__ года
 Студент _____ Латышев Илья Андреевич, МД-М23-1 _____
 (фамилия, имя, отчество, учебная группа) (подпись)

(оборотная сторона)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов выпускной квалификационной работы	Примечание
1.	Глава 2. Автоматизированные системы управления для контроля узлов судна с использованием тепловизоров. 2.1 Автоматизированные системы управления, их роль и преимущества при плавании на судах. 2.2. Методы контроля температуры узлов судна при помощи использования термометров. 2.2.1. Особенности использования термометров на судах. 2.2.2. Недостатки использования термометров на судах. 2.3. Технические характеристики термометра биметаллического ТБ-1Сд и его сравнение с тепловизорами.	31 января	

	<p>2.4. Тепловизоры как способ измерения температуры узлов на судах и их преимущества по сравнению с термометрами.</p> <p>2.4.1. Повышение безопасности экипажа при использовании тепловизоров для контроля температур.</p> <p>2.4.2. Проверка эффективности применения тепловизоров в условиях ограниченной видимости.</p> <p>2.4.3. Состав системы для контроля температуры узлов с использованием тепловизоров.</p> <p>2.5. Программное обеспечение для системы контроля температуры.</p> <p>2.6. Внедрение системы для контроля температуры узлов с использованием тепловизора.</p> <p>2.7. Сравнение системы, оборудованной тепловизорами, и системы, оборудованной термометрами.</p>		
2.	<p>Глава 1. Особенности автоматизированных систем на судне при плавании в арктических водах.</p> <p>1.1. Судоходство в арктических водах: особенности и современные реалии.</p> <p>1.2. Автоматизированные системы управления судовых устройств.</p> <p>1.2.1. Автоматизированные системы управления навигации и судовождения.</p> <p>1.2.2. Автоматизированные системы видеонаблюдения.</p> <p>1.2.3. Системы управления энергетической установкой.</p> <p>1.3. Пожарная безопасность на судне, опасные факторы.</p> <p>1.4. Мероприятия, направленные на предотвращение пожаров.</p>	31 марта	
3.	Введение и заключение	30 апреля	
4.	Доклад и плакаты (слайды)	31 мая	

Оглавление

Введение	6
Глава 1. Особенности автоматизированных систем на судне при плавании в арктических водах.	9
1.1. Судоходство в арктических водах: особенности и современные реалии.	9
1.2. Автоматизированные системы управления судовых устройств.	11
1.2.1. Автоматизированные системы управления навигации и судовождения.	16
1.2.2. Автоматизированные системы видеонаблюдения.	29
1.2.3. Системы управления энергетической установкой.	33
1.3. Пожарная безопасность на судне, опасные факторы.	39
Опасные первичные факторы при пожаре	43
Последствия воздействия первичных факторов пожара	45
1.4. Мероприятия, направленные на предотвращение пожаров.	46
Глава 2. Автоматизированные системы управления для контроля узлов судна с использованием тепловизоров.	49
2.1 Автоматизированные системы управления, их роль и преимущества при плавании на судах.	49
2.2. Методы контроля температуры узлов судна при помощи использования термометров.	52
2.2.1. Особенности использования термометров на судах.	53
2.2.2. Недостатки использования термометров на судах.	54
2.3. Технические характеристики термометра биметаллического ТБ-1Сд и его сравнение с тепловизорами.	56
2.4. Тепловизоры как способ измерения температуры узлов на судах и их преимущества по сравнению с термометрами.	58
2.4.1. Повышение безопасности экипажа при использовании тепловизоров для контроля температур.	60
2.4.2. Проверка эффективности применения тепловизоров в условиях ограниченной видимости.	61
2.4.3. Состав системы для контроля температуры узлов с использованием тепловизоров.	62

2.5. Программное обеспечение для системы контроля температуры.	65
2.6. Внедрение системы для контроля температуры узлов с использованием тепловизора.	68
2.7. Сравнение системы, оборудованной тепловизорами, и системы, оборудованной термометрами.	69
Заключение.	70
Список использованной литературы	71

Введение

В настоящее время в мировом судоходстве особое место занимают комплексные автоматизированные системы по управлению судовых устройств. Актуальность в использовании и внедрении этих систем заключается в непрерывном развитии и совершенствовании морского флота. Автоматизация процессов направлена на упрощение выполнения той или иной работы, которую выполняют члены экипажа, что безусловно скажется на снижении неточностей при выполнении поставленных задач, за счет исключения из расчета человеческого фактора. Внедрение автоматизации приведет к сокращению численности экипажа, путем передачи выполнения «рутинных» задач от человека к машине, что в свою очередь повысит безопасность при плавании.

Внедрение автоматизированных систем на судах привело к более эффективному и быстрому выполнению задач и решению различных проблем, возникающих при плавании. Использование данных систем помогают экипажу минимизировать риски, которые связаны с работой навигацией и энергоустановками, позволяют информировать о возникновении пожара или проникновении посторонних лиц на судно, а также упрощают процесс и повышают безопасность при работе.

По сей день одно из основных направлений научно-технических исследований является совершенствование и создание уникальных автоматизированных процессов, связанных с пожарной безопасностью на судне. Эта тема является актуальной для всех судов, которые перемещаются в Мировом океане, в том числе и в арктических водах. Угрозами могут стать: перегрев узлов; замыкания электроприборов; возгорание, вызванное разными причинами, различных горючих материалов; взрывы; столкновения и т.д. Не только своевременное устранение возникающих возгораний обезопасит экипаж, судно и груз, но своевременное предотвращение опасных ситуаций с помощью систем пожарной безопасности.

В магистерской диссертации будут подробно рассмотрены автоматизированные системы, которые используются на судне при плавании в арктических водах. Особое внимание будет уделено системам пожаробнаружения, которые применяются на судах в наше время. Также будет предложен новый вариант системы по контролю температур, с обоснованием его преимуществ.

Подводя итог, с уверенностью можно сказать, что данная тема важна и актуальна, особенно в век цифровых технологий, в котором как нигде ценится надежность системы, ее безотказность и безопасность людей.

Предметом исследования является судовая система по выявлению пожаров.

Объектом исследования являются автоматизированные системы управления техническим обслуживанием судовых устройств.

Целью исследования является изучение и анализ автоматизированных систем управления судовых устройств при плавании в арктических водах.

Для достижения цели необходимо решить ряд научно-технических задач:

- Изучить особенность судоходства в арктических водах;
- Произвести анализ автоматизированных систем управления судовыми устройствами;
- Выявить особенность, связанные с пожарной безопасностью;
- Изучить наиболее распространенный способ выявления перегрева установок;
- Разработать систему, дополняющую существующую, которая приведет к повышению эффективности выявления пожаров и их предотвращения.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, двух глав, заключения и списка литературы. Первая глава посвящена теоретической части объекта исследования. Вторая глава направлена на подробное рассмотрение систем пожаробнаружения на судне, разработке системы

пожарообнаружения с использование устройств с болометром, предложения по ее реализации и внедрению.

В процессе написания данной работы использовались научные и учебно-методическое материалы отечественных авторов, публикации в научных журналах и материалы периодической печати.

Глава 1. Особенности автоматизированных систем на судне при плавании в арктических водах.

1.1. Судоходство в арктических водах: особенности и современные реалии.

Арктическое судоходство - это использование, для навигации в Арктике, особых морских путей, в который входит Северный морской путь.

До начала XX века СМП носил другое название - Северо-Восточный проход. Маршрут лежит вдоль северного побережья России, длина от пролива Карские Ворота до Бухты Провидения составляет 5,6 тыс.км. От Владивостока до Санкт-Петербурга по СМП 14280 км, что в два раза короче того же пути по Суэцкому каналу, по которому придется пройти 23200 км. Продолжительность навигации без использования ледоколов составляет 2-4 месяца, однако с использованием ледокола навигационный период превращается в круглогодичный [1].

Об актуальности СМП можно сделать выводы по показателям перевозок грузов. В 2024 году он стал рекордным. В общей сложности перевезли 37,9 млн. тонн груза. Если говорить точно, то в 2024 году грузопоток превзошел рекорд 2023 года на 1,6 млн. тонн. За 2024 год было осуществлено 92 транзитных рейсов, что тоже в свою очередь является рекордным показателем. Количество плаваний составило 1312, до этого рекорд держался на отметке 1228. В Прошлом году самый крупный в истории контейнеровоз, длиной в 294 метра прошел по СМП. В июне того же года президент РФ - Владимир Владимирович Путин заявил о создании комиссии по развитию Арктики и Севморпути, которая будет входить в состав Госсовета. Было отмечено, что объем перевозок может достигнуть 150 млн. тонн в год.

Основные преимущества Северного морского пути являются:

- значительная экономия времени, требуемого для перевозки груза. По СМП срок составляет 18 дней, когда через Суэцкий канал этот срок составляет 37 дней;

- в связи своей особенностью, на данный момент, не имеет очередей, погрузок и платы за проход;

- вытекающее из первого преимущества, экономия топлива и уменьшение выбросов CO₂;

- нет пиратства.

Однако, есть и ряд недостатков:

- очень высокая зависимость от ледовой обстановки и метеоусловий;

- экономия расстояния не позволяет значительно сократить стоимость перевозок;

- арктические порты требуют особые модернизации;

- есть вероятность возникновения угрозы экосистемы Арктики.

СЕВЕРНЫЙ МОРСКОЙ ПУТЬ И МАРШРУТ ЧЕРЕЗ СУЭЦКИЙ КАНАЛ



Рис. 1.1 – Северный морской путь и маршрут через Суэцкий канал на карте.

Судоходство в арктической зоне представляет собой стратегически важное направление морской деятельности, обусловленное возрастающим интересом к Северному морскому пути, а также увеличением объемов добычи и транспортировки природных ресурсов с территорий Крайнего

Севера. Однако эксплуатация судов в условиях Арктики сопряжена с рядом технических, климатических и организационных сложностей, требующих особого подхода к обеспечению надежности и безопасности судовых систем.

Основной проблемой при плавании в арктических широтах выступает экстремально низкая температура, которая влияет на работу как механизмов, так и электронных систем судна. Наравне с этим, значительное присутствие дрейфующего льда, сезонные изменения ледовой обстановки и ограниченная навигационная инфраструктура делают эксплуатацию флота в этом регионе более рискованной по сравнению с другими морскими акваториями.

Важную роль играет и ограниченность береговой поддержки: в случае нештатных ситуаций возможности для оперативного реагирования могут быть сильно ограничены. Это выдвигает на первый план требования к техническому состоянию судовых систем и к своевременному обслуживанию оборудования.

Современные тенденции развития арктического судоходства включают внедрение цифровых решений и автоматизированных комплексов мониторинга, которые позволяют проводить диагностику состояния узлов и агрегатов в режиме реального времени. Такие системы дают возможность минимизировать количество внеплановых ремонтов и повысить общую отказоустойчивость судна в условиях автономного плавания.

Таким образом, арктическое судоходство требует комплексного подхода к техническому обслуживанию и управлению эксплуатацией судна. Применение автоматизированных методов в данном контексте не только повышает эффективность управления, но и напрямую влияет на безопасность мореплавания в столь сложных климатических условиях.

1.2. Автоматизированные системы управления судовых устройств.

Последние несколько лет суда активно оснащаются современными автоматизированными системами управления техническим оборудованием, которые значительно превосходят по производительности и эффективности прошлые решения. Данное внедрение происходит как у отечественных, так и

у зарубежных судостроительных предприятиях. Все это приводит к тому, что для разработки и внедрения уникальных и эффективных автоматизированных систем, требуются подготовить высококвалифицированных специалистов, которые потребуются не только для разработки и установки, но и для их грамотной эксплуатации и обслуживания. Подготовка специалистов приведет к уменьшению возникновения аварийных ситуаций, вывода из строя аппаратуры, тем самым повысит безопасность плавания.

За счет передачи ряда управленческих и эксплуатационных задач от человека, то есть от выполнения их вручную, к машине, это производится путем введения технических устройств и приборов на судно. Одно из ключевых достоинств внедрения автоматизации является повышение безопасности при морской транспортировке. Также передача выполнения задач машинам приведет к повышению экономических показателей, к росту надежности и сроку службы оборудования, повышению производительности и благоприятно скажется на условиях труда моряков, и, в некоторых случаях, даст возможность оптимизировать численность экипажа.

При современном конструировании и оборудовании судов количество автоматики может насчитывать около 500 единиц. Однако по опыту эксплуатации можно сделать вывод, что несмотря на эффективность и упрощение решения задач, некоторое оборудование является уязвимым к работе в таких условиях. По заявлениям изготовителей средний срок службы различных датчиков и сигнализаторов составляет 2-3 года. Что является основным недостатком «периферийной автоматики».

При внедрении автоматизации, которая приводит к повышению эффективности научных исследований, во время экспедиций, но и способна повысить интеллектуальную деятельность экипажа, это происходит по причине уменьшения «рутинной работы» из перечня их обязанностей, что приводит к снижению стресса и утомляемости. Исключение или уменьшение выполнения повторяющихся задач у экипажа даст возможность специалистам больше времени уделять на более значимые, сложные и ответственные задачи,

с которыми, на данный момент, не может справиться человек. Все перечисленное выше позволяет сделать управление судном более рациональным и эффективным, исследования более точные и узконаправленные.

Автоматизированные системы управления (АСУ) позволяют решать широкий диапазон задач. Однако состав и структура АСУ зависит от некоторых факторов, например, от типа судна, его назначения, какой класс автоматизации, какие специфические требования обозначил заказчик.

Несколько основных ключевых признаков по которым происходит классификация АСУ:

- тип объекта управления:
 - Отрасль.
 - Объединение.
 - Предприятие.
- по типу выполняемых функций и назначению:
 - Административно-организационные.
 - Технологические.
 - Интегральные.
 - Финансово-экономические.
- по типу выходных результатов:
 - Информационно-справочные.
 - Информационно-советующие.
 - Информационно-поисковые.
- степень участия человека в управлении;
- скорость обработки информации;

Таким образом автоматизированные системы управления можно разделить на несколько категорий, которые зависят от выполняемых функций:

1. Системы программного и/или дистанционного управления [2-6].

Такие системы позволяют обеспечить удаленное управление

механизмами и установками на судне. К этому управлению относят выполнение следующих операций: включение и выключение оборудования, активация или приостановка работы узла или, по возможности, его отдельной части, без непосредственного физического контакта человека с оборудованием.

2. Системы автоматической блокировки и/или защиты.

Подобные системы предназначены для предупреждения персонала об аварийных ситуациях, что позволит минимизировать ущерб. Помимо этого, данные системы способны взаимодействовать с системами дистанционного управления, благодаря чему будет возможность автоматического выключения узла, перекрытия отдельных помещений, подача дополнительных насосов, включение и переход на резервные узлы и прочее. Это все происходит при выходе значений параметров за допустимые пределы, например, температуры, давления и т.д. Кроме всего сказанного, данная система способна предотвращать сбои, которые могут быть вызваны ошибкой, совершаемой человеком, при управлении. Система анализирует алгоритм действий человека, и при потенциально опасной последовательности действий человека, способно выдать предупреждение о возможном возникновении нештатной ситуации.

3. Системы автоматического контроля и сигнализации.

Их основная задача — своевременное обнаружение отклонений в работе оборудования, регистрация потенциальных угроз и передача информации оператору. Эти системы значительно повышают надёжность эксплуатации оборудования и упрощают его техническое обслуживание [8-9].

С точки зрения степени участия человека в управлении, все системы делятся на два основных типа:

- Автоматические системы управления (САУ).

Такие системы работают полностью автономно: в управлении участвуют только объект и управляющее устройство, без вмешательства человека.

- Автоматизированные системы управления (АСУ).

В этих системах человек по-прежнему играет важную роль — он принимает решения в нестандартных или сложных ситуациях, когда машина не способна адекватно оценить происходящее. Это делает АСУ особенно важными в судовых условиях, где критически важно быстро реагировать на нестандартные обстоятельства.

На сегодняшний день автоматизации на судах подвергаются самые разные установки и системы, включая:

- главный двигатель (ГД);
- котельное оборудование;
- судовые электростанции;
- компрессоры;
- балластные и осушительные системы;
- системы кондиционирования воздуха и другие.

АСУ технологических процессов (АСУ ТП) судна охватывают широкий спектр задач. Их конкретный состав определяется типом судна, его назначением, классом автоматизации и индивидуальными требованиями заказчика. Кроме того, важно обеспечить соответствие установленным требованиям международных морских конвенций и классификационных обществ.

Среди основных видов АСУ ТП можно выделить:

1. Системы управления навигацией и судовождением.

Эти системы обеспечивают точное и безопасное движение судна, автоматизируя навигационные функции.

2. Системы управления радиосвязью.

Они обеспечивают стабильную и эффективную коммуникацию судна как внутри судна, так и с береговыми службами.

3. Системы управления судовыми техническими средствами (АСУ ТС).

Это комплекс решений, охватывающий управление всеми основными техническими узлами судна. Сюда входят:

- системы обнаружения и предупреждения пожаров;
- подсистемы, управляющие энергетическими потоками в машинном отделении и по всему судну;
- системы контроля и диагностики главного двигателя и винторулевой установки;
- системы управления энергетической установкой;
- средства автоматизации вспомогательных механизмов;
- автоматическое управление автономным оборудованием, таким как опреснители, котельные агрегаты, компрессоры и т.д.;
- системы сигнализации и оповещения, предназначенные для обнаружения затоплений и других аварийных ситуаций.

1.2.1. Автоматизированные системы управления навигации и судовождения.

Для того, чтобы была возможность ориентироваться при плавании в открытом море, идти по конкретному курсу и иметь информацию о других судах, которые проходят неподалеку, на судне устанавливаются навигационные средства. Навигационные приборы делятся на два вида: электронавигационные – работают от электроэнергии, радионавигационные – используют принципы радиотехники. Устройства и приборы навигации, как правило, располагаются на ходовом мостике. [7]

Компасы.

Компас по праву считается основным навигационным прибором на борту судна. С его помощью определяется направление движения судна, уточняется положение объектов на горизонте и выстраивается необходимый курс. Наиболее часто в судоходстве применяются два типа компасов: магнитные и гироскопические.

Магнитные компасы, как правило, используются как дублирующее или контрольное оборудование. В зависимости от назначения, они делятся на два вида — главные и путевые. Главный компас устанавливается на верхней

палубе, чаще всего на мостике, что обеспечивает широкий обзор горизонта и удобство в использовании. Его шкала проецируется через оптическую систему на специальное зеркало, размещённое в поле зрения рулевого — это позволяет следить за направлением, не отвлекаясь от управления судном.

Гирокомпас, в отличие от магнитного, указывает не на магнитный, а на истинный меридиан, то есть на географический Северный полюс — ту самую точку, через которую проходит ось вращения Земли. Этот прибор основан на принципах работы гироскопа и учёте вращения планеты. Он используется для точного определения курса судна и направления на заданную точку (азимута).

Гирокомпасы (рис. 1.2) обладают рядом важных преимуществ по сравнению с магнитными:

- они указывают направление на географический север, а не на магнитный;
- слабо подвержены влиянию внешних магнитных полей, что делает их более надёжными в условиях современного технически насыщенного судна.



Рис. 1.2 – Гирокомпас

В наше время почти на каждом судне установлены системы спутниковой навигации (например, GPS), которые могут не только самостоятельно определять положение судна, но и выполнять корректировку гирокомпаса, повышая точность навигации.

Лаги.

Прибор, который предназначен для измерения скорости судна и определения пройденного расстояния, называют – лагом.

Существует несколько видов лагов:

- лаги механические;
- лаги геомагнитные;

- лаги гидроакустические;
- лаги индукционные;
- лаги радиодоплеровские.

На морских судах используется каждый вид лагов. Также используются относительные лаги, с помощью которых определяется скорость судна, относительно скорости воды, и абсолютные лаги, с их помощью определяется скорость судна относительно морского дна.

Гидродинамический лаг – пример относительного лага, он измеряет разность давлений, вызванная движением судна. Значение этой разницы напрямую зависит от скорости движения судна. (рис.1.3) Измерение давлений происходит благодаря двум трубкам, которые располагаются под днищем судна. Одна из трубок развернута выходным отверстием по направлению к носу судна, а вторая трубка расположена отверстием заподлицо с обшивкой. Такое расположение трубок дает возможность определить разность высот морской воды в трубках, а далее динамическое давление переводится гидродинамическим лагом в привычную систему измерения скорости судна, которая, как правило, показывается в узлах. Расстояние пройденное судном преобразуется в мили.

Индукционный лаг тоже является относительным. Лаг работает по принципу определения зависимости между наводимой в проводнике электродвижущей силой (ЭДС) и относительной скоростью проводника в магнитном поле. В качестве проводника для данного лага выступает морская вода, а посредством электромагнита лага возникает магнитное поле. Во время движения судна, возникающее поле пересекает водную среду, вследствие чего появляется возможность индуцировать ЭДС, которая пропорциональна скорости движения судна. После чего электродами ЭДС передается сигнал в специальный прибор, который вычисляет и преобразует поступающий сигнал в скорость судна и преодоленное им расстояние.

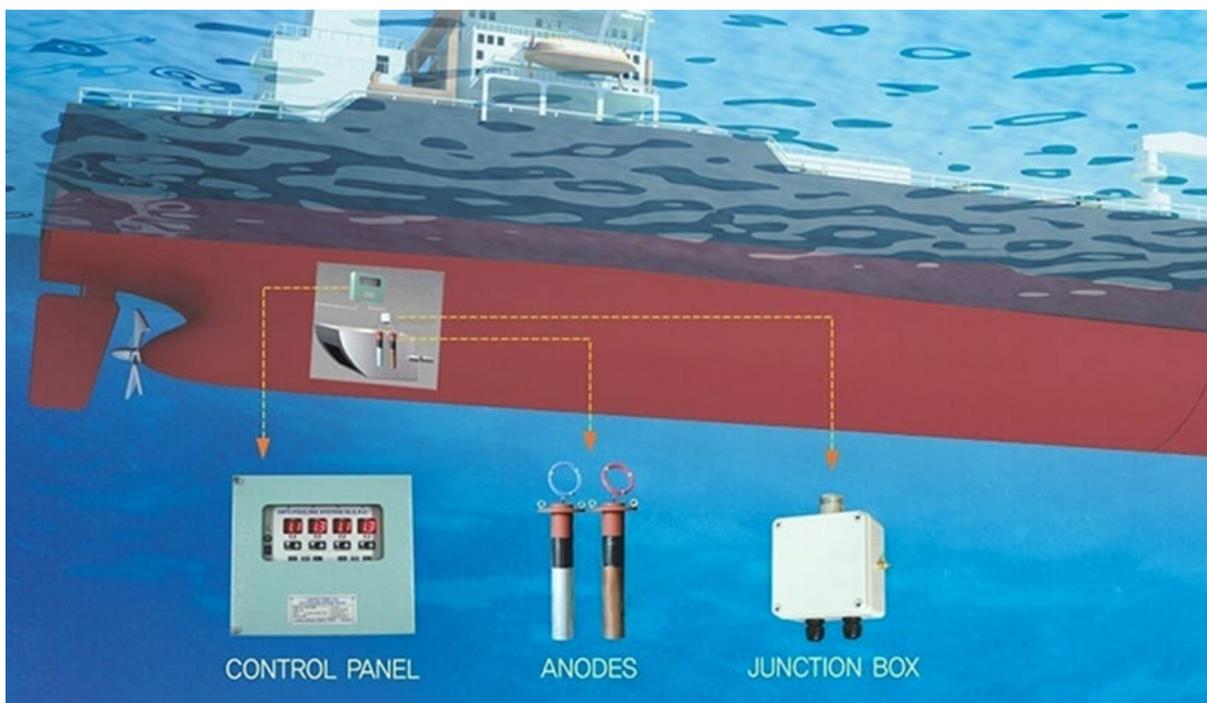


Рис. 1.3 – Лаг

Эхолот

Для того, чтобы судно имело надежные измерения, регистрацию и передачу на другие устройства и системы, получаемую информацию о глубине под килем, используются эхолоты (рис.1.4, рис.1.5). Преимущество использования эхолота заключается в том, что он способен работать непрерывно, независимо от скорости при которой движется судно, с 0 до 30 узлов. Высокая аэрация воды, условия ледяной шуги, битого льда, районы с изменчивым рельефом и составом дна, будь то песок, ил, скалы или прочее, так же не мешает эхолоту выполнять измерения.



Рис. 1.4 – Эхолот JMC F-2000



Рис. 1.5 – Эхолот, отображающий информацию о поверхности дна при плавании

В настоящее время на судах используют гидроакустические эхолоты со следующим принципом работы: в воде распространяются механические колебания, воспроизводимые вибратором-излучателем, и преобразованные в ультразвуковой импульс, который, при достижении морского дна отражается от него и улавливается вибратором-приемником, расположенным на судне (рис.1.6, рис. 1.7). Таким образом с помощью измерения скорости распространения звука в воде и промежутку времени, за которое импульс проходит расстояние от излучателя до дна и обратно, эхолот способен определить глубину до морского дна.

Гидроакустические эхолоты способны измерять дистанцию до дна от 0 до 200 метров. Как правило устройства располагаются на судне в следующем порядке: на рулевой рубке – указатель глубины, в рулевой или штурманской рубке – самописец [9].

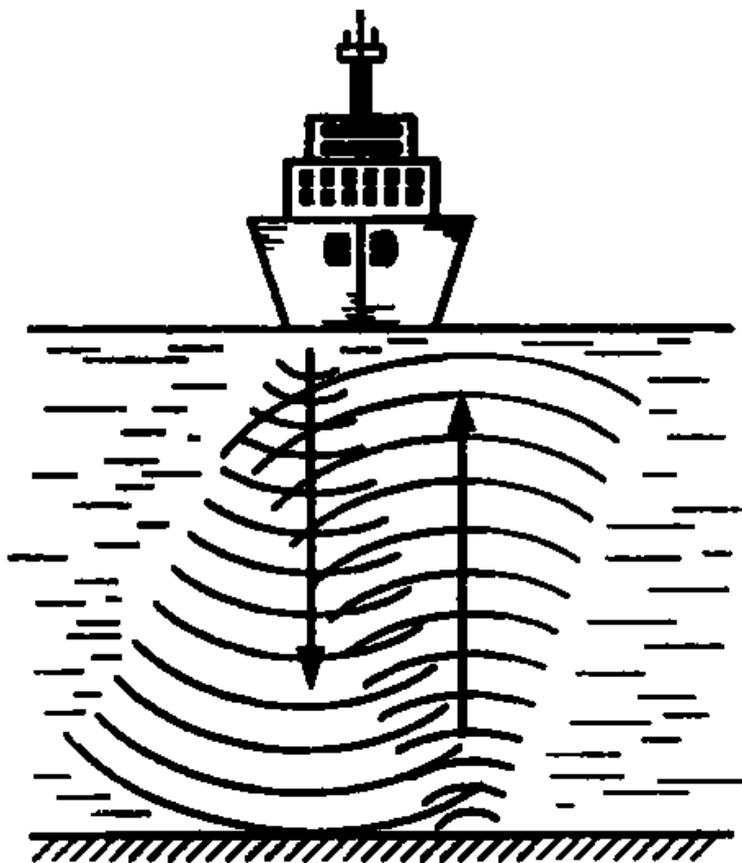


Рис. 1.6 – Принцип работы эхолота с отображением испускания и улавливания импульса

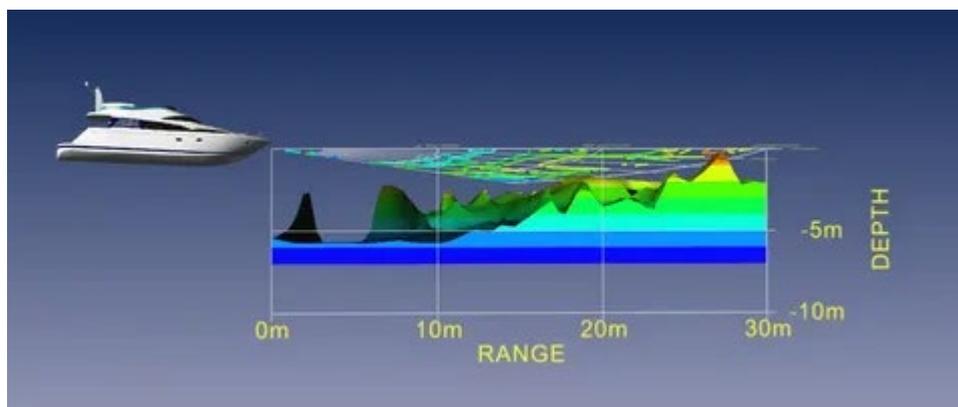


Рис. 1.7. – Принцип работы эхолота с отображением получаемого представления о поверхности дна

Радионавигационные приборы.

Для обнаружения надводных объектов, определения точного положения судна и обеспечения безопасного маневрирования в ограниченных участках акваторий применяется судовая радиолокационная станция (РЛС). Принцип её работы во многом схож с эхолотом, однако в данном случае используется отражение радиоволн, а не звуковых сигналов. По сути, РЛС функционирует на основе эффекта радиолокационного эха (рис.1.8).

Основные компоненты радиолокационной станции включают передающее устройство, приёмник, антенную систему и индикатор с визуальным экраном, на котором отображаются сигналы отражения. Передатчик генерирует короткие импульсы высокочастотного электромагнитного излучения, которые с помощью антенны излучаются в окружающее пространство в виде направленного луча.

Когда радиоволны встречаются препятствие, часть сигнала отражается и возвращается обратно. Эти отражённые импульсы улавливаются приёмником, а затем обрабатываются. По направлению прихода сигнала можно определить курсовой угол до объекта, а по времени между отправкой и приёмом импульса — рассчитать расстояние до цели.

Антенна РЛС вращается, что позволяет сканировать весь горизонт вокруг судна. В результате на экране формируется круговая панорама —

отображение окружающей обстановки в реальном времени. Отображение может быть привязано либо к направлению курса судна (стабилизация по курсу), либо к географическому северу (стабилизация по истинному меридиану, или «по норду»).

На дальность действия РЛС влияет ряд факторов, включая физические свойства самих объектов (их способность отражать радиоволны) и гидрометеорологические условия, такие как дождь, туман или волнение моря. В среднем, радиолокационные станции способны «видеть» на расстоянии в несколько десятков морских миль.

Главная ценность РЛС заключается в её способности рано обнаруживать потенциальные угрозы — например, другие суда, береговую линию или мели — и тем самым предотвращать аварийные ситуации. Благодаря этому устройство является неотъемлемой частью современной навигационной безопасности.



Рис. 1.8 – Радионавигационная станция РЛС

Средства автоматической радиолокационной прокладки (САРП)

САРП представляют собой радиолокационные информационно-вычислительные комплексы (рис.1.9) для выполнения следующих функций:

- захват и сопровождение целей;
- отображение на экране векторов истинного или относительного движения цели;
- предупреждение о цели, которая стремительно приближается к судну;
- отображение параметров на табло о относительно сближающихся целях;
- движение и прочие элеметны;
- информирование о совершении безопасного и своевременного маневра курсом для расхождения;
- решение задач, таких как – навигационных, за счет автоматизации процессов;
- отображения элементов содержания навигационных карт;
- с помощью использования радиолокационных измерений информировать о местонахождении судна и его координаты.



Рис. 1.9 – САРП

Автоматическая информационная система (АИС).

АИС является особой системой, которая предоставляет возможность производить взаимный обмен между судами, между судном и береговой службой и прочие вариации взаимодействий. Благодаря АИС судно передает информацию для опознавания (такую как позывной и наименование судна), о своих координатах, характеристику, о рейсе, направления и курсе. Все это позволяет избежать столкновения и производить контроль о соблюдении «режима» плавания судов в море и в порту [10].

Электронные картографические навигационные информационные системы (ЭКНИС)

Данная система позволяет снизить нагрузку с вахтенного помощника, посредством помощи в наблюдении за обстановкой вокруг и выработке определенных решений, которые способствуют безопасному управлению судном (рис.1.10). Выделяются следующие возможности ЭКНИС:

- составление безопасного пути, что исключает возможные опасности на маршруте;
- своевременное информирование о «опасной изобате» и «опасной глубине»;
- предоставление записей в дневной, ночной, утренней или сумеречной палитре
- оповещение в случае сближения с заданной изобатой и глубиной;
- автоматическое управление судном;
- составление предварительной прокладки маршрута;
- ведение исполнительной прокладки маршрута;
- обновление базы морских объектов, в том числе приливов в 3000 точек

Мирового океана и т.д.



Рис. 1.10 – ЭКНИС

Спутниковая система навигации (GPS).

Система состоит из наземного и космического оборудования. Получила широкое применение в частности для определения координат того или иного объекта, в определении его физических составляющих: скорость, направление движения и прочие (рис. 1.11).



Рис. 1.11 – Спутниковая система навигации (GPS)

В систему входят: низкоорбитальные навигационные спутники, наземные средства слежения и средства, которые дают возможность обрабатывать поступившие данные и определить координаты объекта. Для определения местоположения объекта, необходимо минимум три навигационных спутника, с информацией об их орбитах на каждый момент времени (рис.1.12)

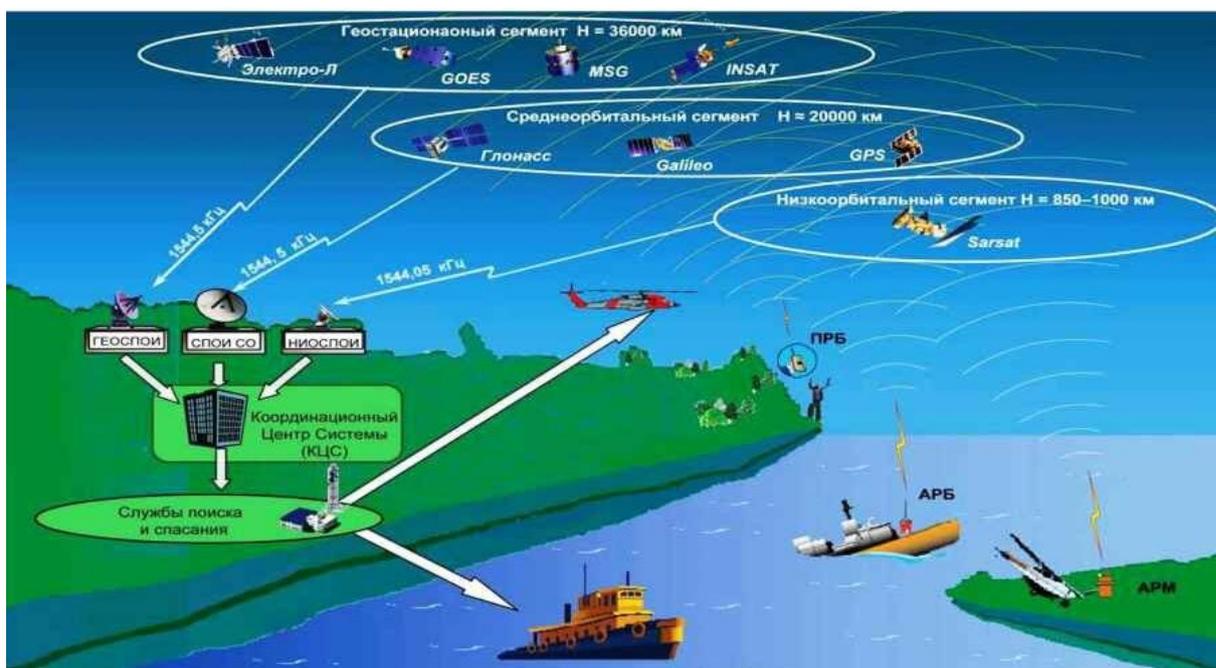


рис. 1.12 – Принцип работы GPS

1.2.2. Автоматизированные системы видеонаблюдения.

В современных условиях обеспечение безопасности на судне немислимо без использования систем видеонаблюдения. Защита членов экипажа и имущества — приоритетная задача для любого судовладельца. Особенно это актуально для компаний, работающих в сфере морских грузоперевозок, нефтегазовой отрасли и других смежных направлениях, где суда ежедневно сталкиваются с рядом потенциальных угроз [21].

Среди наиболее распространённых рисков, с которыми может столкнуться судно:

- кражи оборудования или грузов;
- акты вандализма;
- повреждение дорогостоящих механизмов;
- травмы членов экипажа, вызванные неисправностями;
- инциденты, возникающие по причине халатности или нарушений трудовой дисциплины.

Чтобы минимизировать такие угрозы, необходимо регулярно совершенствовать систему безопасности судна. Одним из самых эффективных инструментов в этом направлении являются видеокамеры, устанавливаемые в ключевых точках судна.

Рассмотрим, следующие преимущества при использовании видеонаблюдения:

1. Создание безопасной среды.

Установка камер способствует формированию чувства защищенности у экипажа. При этом капитан и владелец судна получают возможность проследить, что именно стало причиной той или иной неисправности, убедиться в выполнении поручений, а также своевременно выявить несанкционированное присутствие на борту.

2. Предотвращение проникновений и своевременная реакция.

Камеры видеонаблюдения повысят вероятность обнаружения проникновения посторонних лиц на судно, и в случае проникновения позволит оперативно отреагировать на возникшую ситуацию, что снизит вероятность возникновения угрозы.

3. Экономия на обслуживании и ремонте оборудования.

Благодаря использованию видеонаблюдения можно быстро обнаружить поломку, которая была вызвана по причинам ошибки оператора, влиянию внешних воздействий или сбоем работы оборудования. Это позволит сократить время не функционирования оборудования и минимизации на возможное и дальнейшее его восстановление.

4. Контроль за хранением груза и за процессом его погрузки.

Данное мероприятие позволит контролировать за соблюдением порядка и техники безопасности при погрузке и размещения груза на судно, поможет осуществить контроль над хранением груза на протяжении всего плавания.

5. Предупреждение о возникновении преступных действий.

При грамотном размещении камер помогут значительно повысить вероятность обнаружения и предотвращения краж, почти имущества, которые

могут быть вызваны, как было сказано в одном из предыдущих пунктов, проникновением посторонних лиц или пиратством. К тому же, зачастую информирование о том, что на объекте ведется видеонаблюдение, часто сдерживает потенциальных нарушителей от противоправных действий, так как записи снятые с камер видеонаблюдения могут быть использованы в суде в качестве доказательства совершенных противоправных действий [11].

На сегодняшний день на судах применяются два основных типа видеонаблюдения: аналоговые и цифровые системы. Цифровые же, в свою очередь, делятся на гибридные и комбинированные. Ниже рассмотрим особенности каждого вида детально.

Аналоговая система видеонаблюдения

Камеры и оптические приборы с ПЗС-матрицей, которые в совокупности образуют видеосигнал из светового потока, являются основой данной системы наблюдения (рис.1.13). Аналоговая система видеонаблюдения имеет ряд ограничений, так как есть трудности с выводом сигнала на современные мониторы. Также, нет возможности расширения опций, поддержание нескольких аудиоканалов, помимо этого система требует постоянное ручное обслуживание.



Рис. 1.13 – аналоговая система видеонаблюдения

Комбинированная система видеонаблюдения.

В отличие от предыдущих решений в области видеонаблюдения, комбинированная система обладает рядом ощутимых преимуществ. К примеру, в качестве устройства для записи здесь могут применяться видеорегистраторы (DVR), оснащённые жёстким диском, аналоговыми входами для подключения коаксиальных кабелей и аналоговыми выходами для вывода изображения на монитор. Альтернативой могут выступать компьютеры, оснащённые специальным программным обеспечением и видеозахватывающими платами. Такие устройства обеспечивают более высокое качество видеозаписи и требуют реже проводить замену или обновление носителей информации.

Кроме того, появление комбинированных систем позволило значительно упростить процедуру поиска и просмотра архивных видеоматериалов.

В то же время нельзя не отметить и ряд минусов. Среди них — высокая стоимость используемого оборудования, в частности, коаксиальных кабелей, а также сложности, связанные с организацией системы видеонаблюдения на объектах с разнесённой структурой. Одним из основных недостатком является ограниченное количество каналов, к которым возможно подключить видеокамер, что затрудняет масштабирование системы для дальнейшего увеличения охвата числа контролируемых зон, таких как судовое оборудование, грузы и иные участки.

Гибридная система видеонаблюдения.

Гибридная система видеонаблюдения (рис.1.14), в том числе и цифровой гибридный видеорегистратор, оборудованы большим количеством портов, которые дают возможность подключения не только аналоговых камер, но и IP-камер. Также устройство имеет специальный интерфейс, который используется для интеграции с компьютерной сетью.

Одним из ключевых гибридной подобной системы является возможность удалённого наблюдения. Таким образом следить за

произходящим можно не только через монитор, который подключается к регистратором напрямую, но и через сеть, благодаря специальному интерфейсу, который интегрируется в систему.

Использование гибридного решения отлично справляется с задачами, направленными на организацию видеонаблюдения на объектах с распределенной структурой. При этом стоит брать в расчет, что при увеличении количества подключаемых камер и расширением функционала, есть вероятность возникновения необходимости заменить часть оборудования, что приведет к дополнительным и, возможно, значительным затратам средств финансирования.



Рис. 1.14 – Гибридная система видеонаблюдения

1.2.3. Системы управления энергетической установкой.

Судовая энергетическая установка (СЭУ) состоит их ряда оборудования и систем, взаимодействующих между собой, которые в свою очередь размещаются на борту судна. Первостепенная задача использования данной системы заключается в преобразовании первичной энергии топлива (ядерное или органическое) в тепловую. После чего преобразованная энергия частично трансформируется в одну из двух следующих:

1) в механическую. Данная энергия используется для обеспечения различных механизмов на борту, в том числе и движителя судна.

2) в электрическую. С помощью данной энергии происходит обеспечение питания приборов, оборудования и систем на судне.

Существуют несколько типов энергетических установок, которых различаются по своему принципу действия и конструкции:

- Паросиловая установка;
- Дизельная главная энергетическая установка (ГЭУ);
- Дизель-редукторная ГЭУ;
- Дизель-электрическая энергетическая комплексная система;
- Газотурбинная установка;
- Ядерная энергетическая установка.

В качестве примера рассмотрим функционирование автоматизированной системы управления дизельной ГЭУ. При этом важно подчеркнуть, что все средства автоматизации, выпускаемые отечественными производителями, должны соответствовать требованиям стандарта ГОСТ 12997–84, регулирующего параметры приборов в государственной системе. Дополнительно они обязаны обеспечивать согласованность по конструктивным, энергетическим, информационным, метрологическим и эксплуатационным характеристикам [13-14].

Измерение давления

Одной из множества ключевых задач, для обеспечения и повышения безопасности, надежности и безотказности работы энергетических и вспомогательных систем, которое приводит к повышению эффективности их эксплуатации, является контроль давления. Этот один из ключевых параметров, необходимо отслеживать на различных участках судна, например, топливных и гидравлических системах, в системах охлаждения и воздушных компрессоров и в прочих местах не маловажных местах. На сегодняшний день используется несколько способов определения уровня давления, которые различаются по принципу работы и точности измерения, что дает возможность

подобрать необходимый способ в зависимости от особенностей объекта. Рассмотрим эти способы подробнее:

– определение давления с использованием механических (они же аналоговые) манометров. (рис.1.15)

Это один из самых простых и старых методов контроля давления. В основе работы манометров лежит изменение состояния деформационного элемента, такого как, например, трубка Бурдона. При изменении давления, трубка начинает изгибаться, что приводит в движение ряд рычагов, которые влияют на движение и расположение стрелки на измерительной шкале. Подобные устройства надежны, за счет своей примитивности, они не требуют никакого источника питания, могут эксплуатироваться в условиях приближенных к экстремальным, но не смотря на перечисленные положительные стороны имеют недостаток в точности и в совместимости и возможности внедрения в автоматизированную систему, из-за его уступают современным электронным системам измерения.

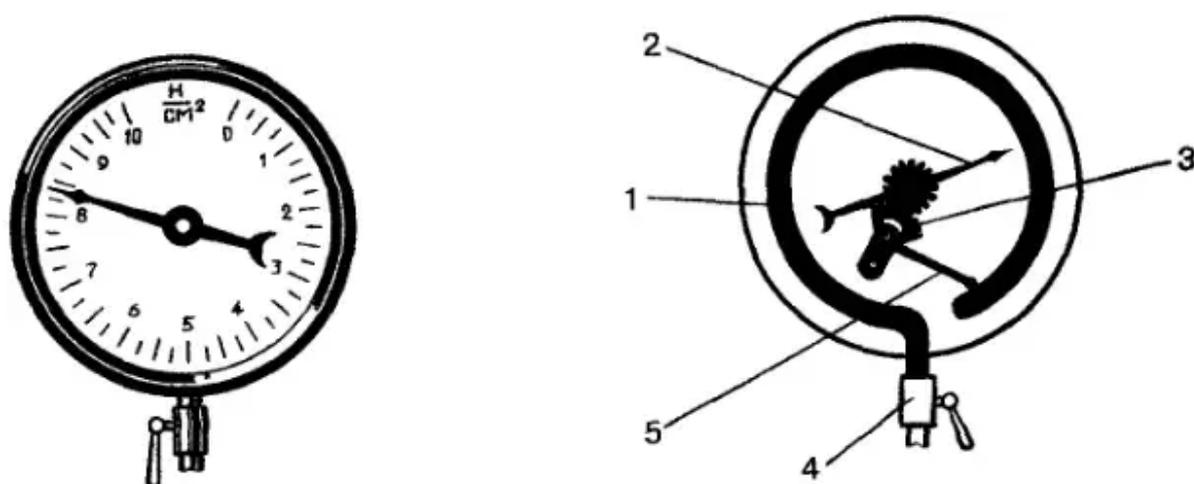


Рис 1.15 – Манометр

– определение давления с использованием электронных датчиков давления.

Электронные методы измерения давления более точные и гибкие, по сравнению с механическими. В их основе лежит сенсор, который способен преобразовать механическое воздействие на него в электрический сигнал, который в дальнейшем преобразуется в привычный для нас способ исчисления. Таким сенсором может выступать резистивный тензодатчик, емкостный элемент, разный сенсор, например полупроводниковый или пьезоэлектрический. Подобные датчики легко можно интегрировать в автоматизированную систему управления, что позволяет производить непрерывный мониторинг и передавать данные на центральные контроллеры или напрямую в диспетчерскую комнату.

– определение давления с использованием дифференциальных датчиков давления.

Такие датчики устанавливаются не везде, а только в местах, где есть возможность взять разницу между двумя точками. К таким местам можно отнести вход и выход фильтра, теплообменника и прочие. С помощью таких датчиков можно выявить следующие проблемы: засоры, отклонения в работе и т.д.

– определение давления с использованием пневматического и гидравлического преобразователя давления.

Как правило применяются в контуре управления и автоматизации, где есть необходимость не просто провести измерения давления, а также преобразовать его в другой тип сигнала. Это очень полезное свойство данных измерительных приборов, ведь они позволяют сразу подать пневмо-, звуковой сигнал.

Измерение температуры

Еще один не менее важны задач по контролю – температурный контроль. Данная задача, так же как и задача по контролю давления, обеспечивает надежную и безопасную эксплуатацию судовых систем. Показатель

температур оказывает влияние на работу, состояние механизмов, их эффективность работы, на работоспособность и производительность энергетических установок, на устойчивость оборудования к различным нагрузкам, что безусловно приведет к повышению общей безопасности плавания. В зависимости от области применения, на борту судна подбираются различные типы температурных датчиков, так как каждый из них имеет свои принципы работы и технические особенности.

Способы измерения температуры:

– использование термоэлектрических преобразователей (термопар)

Применение данного способа является одним из самых распространенных решений для измерения показателя температуры. Принцип их работы основан на термоэлектрическом эффекте. Эффект, при котором два проводника из разных металлов соединяются в цепь, и когда один из узлов нагревается, то возникает напряжение, которое в свою очередь прямопропорционально разнице температур.

Основные преимущества термопар заключается в:

- простоте конструкции изделия и принципе работы;
- способность работы в условиях высоких температур, что составляет около 1000°C;
- быстрая реакция на изменение температура, за счет своего принципа работы.

Термопары чаще всего устанавливаются в двигателях, котлах, выхлопных системах и в прочих местах, где требуется фиксировать температуру среды. Одним из минусов термопар является то, что они требуют подключения для измерений, у которого должна присутствовать компенсация температуры холодного спая.

– использование термосопротивления, с резистивными датчиками.

Этот способ является вторым по применяемости, в основном он используется на основе платиновой проволоки. Принцип действия такой

системы заключается на свойстве металлов изменять свои физические свойства при изменении температуры.

Особенностями применения данного способа являются:

- высокая точность измерений;
- стабильность результатов при длительной работе и эксплуатации;
- широкий диапазон определения температур, особенно подходящий для судовых устройств (от -200°C до $+600^{\circ}\text{C}$)

Подобные датчики получили активное применение в системах автоматического контроля, включая холодильные установки, топливные и масляные линии, системах водо-, теплообмена и кондиционирования.

– Инфракрасные (бесконтактные) термометры

Бесконтактные измерители температуры используются в тех случаях, когда физический контакт с объектом невозможен или нежелателен. Инфракрасные датчики фиксируют тепловое излучение поверхности и на его основе определяют температурное значение [12].

Они удобны для:

- Контроля температур вращающихся узлов;
- Быстрой проверки нагрева поверхностей при профилактике;
- Диагностики перегрева электрооборудования.

Основное преимущество – мгновенное получение данных. Но точность измерения может снижаться при воздействии морской влаги, пыли, или при наличии загрязнений на оптической линзе.

– Полупроводниковые датчики

Полупроводниковые датчики температуры чаще применяются в электронных модулях и судовых вычислительных системах. Они отличаются малым размером и низким энергопотреблением, однако, как правило, не рассчитаны на экстремальные условия эксплуатации.

Подобные датчики используются на судах только для определенных целей, в основном для мониторинга состояния такого оборудования аккумуляторов, дисплеев, микросхем и другого электрооборудования.

Современное судно имеет сложную техническую систему, работоспособность которой напрямую зависит от точного контроля за температурными показателями. На практике же часто применяют не один, а сразу несколько типов датчиков вместе, решение по одновременному использованию датчиков зависит от назначения, диапазона рабочих и контролируемых температур, условий при котором датчики будут эксплуатироваться и от класса точности измерений.

Выбор перечня используемых датчиков зависит не только от места монтажа, условий эксплуатации, таких как давление, вибраций, влажности, но и от их совместимости с системой автоматического управления. При грамотном подборе и своевременном техническом обслуживании устройств значительно повышается безотказность и надежность судовых установок, и минимизируются вероятность возникновения аварийных ситуаций.

1.3. Пожарная безопасность на судне, опасные факторы.

С развитием морского транспорта и ростом водоизмещения судов нашего времени начинается ужесточение предъявляемых требований к пожарной безопасности. Это требование должно быть надежно реализовано за счет эффективного функционирования полноценной судовой противопожарной системы, которая в свою очередь содержит необходимые средства пожарообнаружения и пожаротушения. Помимо аппаратной составляющей, следует вводить качественную и обязательную к прохождению подготовку членов экипажа, дабы обеспечить умение действовать незамедлительно и грамотно при возникновении ЧС.

Пожарная безопасность, как было сказано, неотъемлемой частью любой транспортной и строительной организации. Это связано с тем, что в случае игнорирования данных требований, на судне или в любом другом месте,

может привести к, в лучшем случае, материальным убыткам, а в худшем – к угрозе жизни людей. Судовая специфика, в свою очередь, лишь усиливает потенциальные риски.

Это связано с тем, что возникновение и развитие пожара на судне имеет ряд особенностей, в отличие от пожаров на суше. В первую очередь играет роль замкнутого пространства, во-вторых, наличие разветвленной почти по всему судну вентиляционной и кондиционерной системы, что в свою очередь напрямую влияет на распространение пожара, в-третьих, может повлиять особенность компоновки помещений и материалов, используемых и хранящихся на судне. Вследствие всех указанных факторов скорость и вероятность распространения огня по всему судну велика, по этому противопожарная система должна работать без сбоев, а экипаж – знать что и как делать при возникновении подобных ситуаций.

Из рассказов выживших в трагедиях во время пожаров на судне, отмечают, что серьезные факторы, мешающие эвакуации и тушению пожара является плотное задымление и высокие температуры, которые возникают в замкнутых отсеках. Это еще раз указывает на необходимость не только грамотного оснащения судна надежными противопожарными системами, но и подготовка команды к действиям по время возникновения чрезвычайных ситуаций. Только при комбинации профессиональных навыков и современных систем позволит гарантировать необходимый уровень безопасности, что приведет к оперативному реагированию при возникновению угрозы [16].

Применение автоматизированных систем пожаротушения на судах приводит к непосредственному повышению эффективности при действиях аварийно-спасательных подразделений. Актуальность связана также и с рядом процессов, которые возникают при пожаре, такие как: задымление, быстрое распространение огня от одного отсека к другому, возникновения пробоя в корме судна или другой причины, которая может привести к затоплению отсеков, что в свою очередь приведет к крену судна [22-24].

Как было указано ранее, пожары на воде имеют свои особенности при которых может возникнуть чрезвычайная ситуация, которые отличаются от пожаров, возникающих на суше.

В первую очередь стоит рассмотреть ситуацию погрузочно-разгрузочных работ, в случае возникновения столкновения высока вероятность выхода из строя отдельных механизмов, что может привести к утечке горюче-смазочных материалов, что в свою очередь повышает риски возгорания и взрыва.

Во вторую очередь, разлив нефтепродуктов создает серьезную опасность, из-за которой будет возможность быстрого распространения огня не только в рамках судна, но и на соседние участки: береговую линию, причальные сооружения, соседние суда, водное пространство вокруг. Вдобавок, после разлива жидких и сыпучих веществ, которые могут вступить в реакцию, вследствие чего может возникнуть образование взрывоопасных смесей, в том числе и паровоздушных.

Для предотвращения подобных ситуаций, на суда вводятся автоматизированные системы, которые обеспечивают подачу огнетушащих веществ в необходимом объеме и при определенной интенсивности, которая будет зависеть от условия возгорания, характера, веществ горения, помещения и других возможных факторов. Данная система позволяет частично или полностью ликвидировать очаг возгорания еще до прибытия экипажа, что естественно приводит к минимизации последствий пожара [17].

Для эффективного предотвращения пожаров на судне, важно иметь представление о том, как они возникают, так как знание о причинах возникновения возгораний позволяет грамотно составить систему мер по их предотвращению. К самым частым причинам возникновения пожара можно отнести:

- короткие замыкания;
- повреждение изоляции электропроводки;

– скопление горючих газов, которые возникли вследствие обращения с нефтепродуктами

– неосторожное обращение с пламенем в местах хранения и использования горюче-смазочных материалов;

– самовоспламенение легковоспламеняющихся материалов из-за перегрева.

Для сведения к минимуму возникновения вышеупомянутых причин, которые могут привести к пожару есть требования к оснащению суда пожаробнаружение и противопожарных систем, расстановка, требования к качеству и учет конструкции судна. Проводятся информирование экипажа о том, каким способом и чем нужно тушить тот или иной огонь, так как решение должно быть не только верным но и быстрым.

Метод тушения также зависит от причин, масштаба, а также зависит можно ли напрямую добраться до места где пожар. При неверном подборе и способе тушения пожара может снизить шансы на быструю ликвидацию очага, но и может привести к осложнениям, которые могут повлиять на опасность жизни экипажа, сохранность груза и самого судна.

В таблице 1 представлено более детальная информация о типах пожаров и об их способе тушения, о классах и подклассах пожара их характер и особенности способов тушения.

Таблица 1 – Классы пожаров и средства для их пожаротушения.

Класс пожара	Характеристика класса	Подкласс пожара	Характеристика подкласса	Рекомендуемые средства пожаротушения
А	Горение твердых веществ	А1	Горение твердых веществ, сопровождаемое тлением (например, древесина, бумага, уголь, текстиль)	Вода со смачивателями, хладоны, порошки типа АВСЕ
		А2	Горение твердых веществ, не сопровождаемое тлением (каучук, пластмассы)	Все виды огнетушащих средств
В	Горение жидких веществ	В1	Горение жидких веществ, нерастворимых в воде (бензин, нефтепродукты), а также сжижаемых твердых веществ (парафин)	Пена, мелкораспыленная вода, хладоны, порошки типа АВСЕ и ВСЕ
		В2	Горение полярных жидких веществ, растворимых в воде (спирты, ацетон, глицерин и др.)	Пена на основе специальных пенообразователей, мелкораспыленная вода, хладоны, порошки типа АВСЕ и ВСЕ
С	Горение газообразных веществ	-	Бытовой газ, пропан, водород, аммиак и др.	Объемное тушение и флегматизация газовыми составами, порошки типа АВСЕ и ВСЕ, вода для охлаждения оборудования
Д	Горение металлов и металлосодержащих веществ	Д1	Горение легких металлов и их сплавов (алюминий, магний и др.), кроме щелочных	Специальные порошки
		Д2	Горение щелочных металлов (натрий, калий и др.)	Специальные порошки
		Д3	Горение металлосодержащих соединений (металлоорганические соединения, гидриды металлов)	Специальные порошки

Опасные первичные факторы при пожаре

Для эффективной оценки риска и разработки мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на судне необходимо точно понимать, какие именно первичные факторы сопровождают возгорание и насколько они опасны для человека. При этом важно учитывать не только силу их воздействия, но и то, как быстро они начинают оказывать разрушительное влияние на организм. Стоит отметить, что воздействие первичных факторов не всегда мгновенно критично, однако при длительном контакте последствия могут быть фатальными.

Согласно статье 9 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», к основным опасным проявлениям, сопровождающим возгорание и угрожающим жизни экипажа и сохранности груза, относятся:

– пламя и искрение;

- тепловое излучение;
- повышение температуры в окружающей среде;
- высокая концентрация токсичных продуктов горения и термического распада;
- снижение уровня кислорода в воздухе;
- задымленность.

Пламя и искры

На первых этапах пожара активное пламя может отсутствовать, но уже через полминуты, как правило, через 30–35 секунд возникает устойчивое горение. Особенно опасно, когда горят элементы технологических установок, так как пламя становится мощным, сопровождается интенсивным тепловым излучением. Приближаться к таким источникам без специализированной защитной экипировки категорически запрещено. Интенсивность излучения в 3000 Вт/м² считается критической: при таком уровне человек начинает ощущать боль уже спустя 10–15 секунд, а длительное воздействие приводит к ожогам [18].

Тепловой поток и повышение температуры

Тепловой поток — это поток горячего воздуха, который при пожаре может нагреваться до температур свыше 100°C. Его воздействие опасно не только в зоне открытого огня, но и в смежных помещениях, поскольку нагретый воздух быстро распространяется по внутреннему пространству судна. В первую очередь страдают органы чувств — глаза, кожные покровы, дыхательная система. Температура воздуха в 45°C уже является пороговой: выше этой отметки организм начинает испытывать дискомфорт, а при 60–70°C возникают ожоги кожи и слизистых. Температуры в районе 100°C допустимы для человека не более 15–20 минут, а при 150°C и выше — наступает практически мгновенное поражение дыхательных путей и летальный исход [20].

Токсичные продукты горения

При сгорании материалов, особенно содержащих синтетические компоненты, в воздух попадают ядовитые соединения. Даже при отсутствии пламени, во время тления или нагрева могут выделяться опасные вещества. Это характерно, в том числе, для мягкой мебели, обивки, краски и прочих отделочных материалов. Основной угрозой становится интоксикация: человек начинает задыхаться, теряет сознание. Концентрация угарного газа (СО) всего 0,3% может привести к потере сознания, а при уровне около 1,2% — к смерти в течение нескольких минут [19].

Нехватка кислорода

Даже если воздух не содержит ядовитых веществ, снижение уровня кислорода представляет серьезную опасность. Уже при содержании кислорода на уровне 17% человек начинает испытывать признаки гипоксии: головокружение, слабость, ухудшение координации движений. При дальнейшем снижении до 15% и ниже может наступить потеря сознания, и эвакуация становится практически невозможной. Такие состояния часто развиваются незаметно и стремительно.

Задымление и потеря видимости

Дым от пожара не только токсичен, но и серьезно ухудшает видимость, создавая трудности в ориентации внутри помещения. Чёрный густой дым быстро распространяется по помещениям, мешает найти выход, вызывает слезотечение, жжение в глазах и резкое снижение способности к передвижению. При концентрации дыма, соответствующей уровню затемнения в 20 метров, человек теряет возможность адекватно ориентироваться в пространстве[22].

Последствия воздействия первичных факторов пожара

Основные травмы и критические состояния, возникающие под воздействием первичных факторов пожара, включают:

- Термические ожоги различной степени тяжести;
- Интоксикацию продуктами горения и смерть от удушья;
- Нарушение пространственной ориентации, потерю способности к эвакуации;
- Взрывы, вызванные скоплением горючих паров и газов [28-30].

1.4. Мероприятия, направленные на предотвращение пожаров.

При судостроении и дальнейшей эксплуатации судов ставиться одна из важных задач – предотвращение пожаров. Для этого разрабатывается комплекс мероприятий, направленных на исключение возникновения различных факторов, которые способны вызвать возгорание. Данные комплексы имеют общие черты, но разрабатывается для каждого судна отдельно, учитывая его особенности конструкций, функционала, оборудования и прочего.

Во-первых, данные мероприятия направлены на ознакомления, изучения и строгого соблюдения личным составом правил противопожарной безопасности. Во-вторых, обязательное оснащение судна всеми видами оповещения, такими как световыми и звуковыми сигналами, при возникновении пожара. В-третьих, еще на этапе проектирования учитывается и разрабатываются грамотные решения, касательные конструкции и технологической составляющей судна, которые, в свою очередь, направлены на существенное снижение вероятности возникновения очагов возгорания. Все принятые решения также учитываются при разработке мероприятий [31-34].

Для постоянного поддержания безопасности, при прохождении всех предыдущих этапов, проводится своевременная профилактика. К ней относятся следующие процедуры:

- регулярные осмотры и технические проверки оборудования на судне;

- проверки исправности работы узлов и элементов;
- контроль за соблюдением составленной техники безопасности при работе экипажа и его проживании.

Все требования к противопожарным мероприятиям изложены в нормативных документах, в частности в «Правила Российского Морского Регистра Судоходства».

Для соблюдения надлежащего уровня пожарной безопасности на борту следует учитывать следующие положения:

- использовать в конструкциях минимум материалов, склонных к горению;
- обрабатывать легковоспламеняющиеся элементы специальными огнезащитными составами;
- предпочитать огнестойкие покрытия и, по возможности, заменять деревянную мебель на металлические аналоги;
- использовать не подверженные нагреву топливные цистерны либо размещать их в зонах, где риск перегрева минимален;
- проводить контроль за возможными утечками топлива или газа и оперативно устранять нарушения герметичности;
- при проектировании избегать прокладки трубопроводов отопления вблизи деревянных и горючих конструкций;
- размещать магистрали для топлива и масла в доступных для визуального осмотра местах, чтобы экипаж мог своевременно обнаружить повреждения;
- обеспечивать судно достаточным количеством огнетушителей и другого противопожарного инвентаря, грамотно распределяя его по всем помещениям.

Кроме вышеуказанных мер, существуют и дополнительные ограничения, особенно актуальные на этапах проектирования судна, а также при осуществлении операций с нефтепродуктами. В частности, категорически запрещается:

1. Пользоваться открытым огнем ближе чем на 20 метров от шланговых соединений, цистерн или отсеков, содержащих нефтепродукты;
2. Применять переносные электрические лампы при работах внутри цистерн, на палубе или в насосных отсеках нефтеналивных судов;
3. Допускать накопление под паровыми котлами воды с остатками нефти, плавающей на поверхности.

Глава 2. Автоматизированные системы управления для контроля узлов судна с использованием тепловизоров.

2.1 Автоматизированные системы управления, их роль и преимущества при плавании на судах.

За безопасность и эффективное управление различными установками и процессами на борту судна в настоящее время, часто, отвечают автоматизированные системы управления. Данные системы обладают различными технологиями и подходами к оптимизации работы, повышению безопасности и уменьшения влияния различных факторов на окружающую среду, которые могут возникнуть при работе на судне, дают возможность упростить работу экипажа судна и снижение рисков, которые могут быть вызваны влиянием человеческого фактора.

К основным элементам АСУ можно отнести:

- сенсоры и измерительное оборудование.

В составе автоматизированных систем управления почти всегда используют датчики, с помощью которых осуществляется контроль параметров среды, оборудования, различных параметров, таких как давление, температуру, уровень жидкости, скорость и прочие важные характеристики. Снятые показатели поступают в систему в режиме реального времени, передаются в главный вычислительный пункт.

- контроллеры, устройства управления.

Данные элементы отвечают за обработку информации, которые поступают с сенсоров, после чего формируются команды, которые необходимо принять исходя из анализа данных. Команды и действия, которые предпринимаются заранее заложены алгоритмами, которые созданы на управление механизмами исполнения, такими как двигателями, насосами, клапанами и другими механизмами.

- интерфейс для взаимодействия с человеком.

Данный элемент направлен на облегчение взаимодействия и обеспечение визуализации работы систем, также предоставляет пользователю

доступ к информации и средствам управления механизма. При помощи данного элемента оператор имеет возможность наблюдать в режиме реального времени за показателями, и при необходимости имеет возможность производить корректировку системы, для предотвращения выхода из строя.

– программные модули.

Модули содержат комплексы алгоритмов, которые направлены на обеспечение эффективного функционирования системы при различных ситуациях. Также есть возможность интегрировать функции, которые направлены на оптимизацию процессов, которые будут использовать предыдущие три элемента, с их помощью производится автоматический мониторинг, самодиагностика, анализ состояния и предлагаемые варианты для адаптации системы при возможном изменении условий.

Принципиальная работа схемы АСУ функционирует по принципу обратной связи, с помощью которой производится постоянная корректировка управления, которая зависит от состояния управляемого объекта. Последовательность работы схемы, как правило, состоит из следующих этапов:

– получение информации. Как было сказано, данная информация поступает с сенсоров, которые получают ее с текущего состояния окружения и оборудования на борту;

– анализ и сравнение поступивших результатов. После выполнения предыдущего этапа, контроллеры производят сравнение поступившей информации от сенсоров с предельно допустимыми значениями показателей для определенного оборудования;

– разработка действий для управления оборудованием. После проведенного контроллерами сравнения показателей, в случае отклонения результатов от нормы, система разрабатывает и предлагает определенные действия для исполнения, которые направлены на приведение отклонившихся параметров к норме;

– приведение предложенных действий в исполнение. Данный этап осуществляется автоматически системой или по решению оператора. После одобрения действий, наблюдаемая система начинает меняться, из чего вытекает следующий и финальный этап работы;

– регулярный контроль оборудования, для дальнейшей его адаптации. Данный этап направлен на проверку правильности принятого решения по стабилизации работы оборудования и выявления необходимости принятия нового решения для приведения параметров аппаратуры к нормальным [25-26].

Таким образом видно, что применение АСУ не только помогают с анализом состояния оборудования, но и разрабатывают возможные решения, которые могут положительно повлиять на оборудование, при возникновении отклонения в их работе. Предлагается рассмотреть какие преимущества появляются при внедрении АСУ для контроля систем:

– повышение производительности при работе и обработке информации. Внедрение сенсоров, контроллеров и прочих, рассмотренных ранее, элементов АСУ позволит передать решение некоторого ряда задач от персонала к машине, это позволит ускорить выполнение постоянных задач, выполняемых личным составом судна и обеспечит их выполнение в срок и за кратчайшее время.

– обеспечение безопасности. Благодаря использованию сенсоров и/или камер наблюдения появляется возможность в мгновенной реакции на отклонение параметров и прочих ситуаций, которые могут привести к аварийной ситуации.

– экономия ресурсов. Так как внедрение АСУ приводит к более эффективной работе, это способствует снижению потребляемых ресурсов.

– дистанционный контроль. Данное преимущество осуществляется с интегрированием системы, позволяющей удаленное управление оборудованием и механизмами. Однако это преимущество должно иметь

возможность стабильной связи диспетчера с оборудованием и/или быстрым устранением возникших неполадок.

Область применения АСУ на судне очень обширна, рассмотрим основные три из них:

– для управления судовыми двигателями. Системы автоматизации имеют возможность самостоятельно производить контроль режима работы главных и вспомогательных двигателей, например, учитывая текущую нагрузку.

– для контроля балластных систем. Автоматизация позволяет управлять балластными операциями, такими как забор и слив воды, который необходим для баланса и устойчивости судна при плавании [15].

– в энергосистемах. Благодаря АСУ производится более оптимальное распределение потребляемой электроэнергии различными установками на борту.

Таким образом, из вышеизложенного можно сделать вывод, что автоматизированные системы управления являются неотъемлемой частью современной судовой техники при их конструировании. Благодаря им осуществляется стабильная работа, снижение издержек эксплуатации, что приводит к повышению безопасности при плавании. На сегодняшний день развитие технологий способствует дальнейшему совершенствованию АСУ, что несомненно приведет к новым перспективам и новым уровням автоматизации.

2.2. Методы контроля температуры узлов судна при помощи использования термометров.

В настоящее время показатели температуры узлов на судне контролируется при помощи использования термометрических измерительных приборов. Решение по использованию именно такого оборудования считается проверенным временем и экономически выгодным,

не несмотря на это у него имеются свои недостатки, которые будут рассмотрены далее.

Постоянное отслеживание состояния температуры оборудования на борту судна является важной ролью для их бесперебойной и надежной работы. Контроль температуры при помощи термометров осуществляется у следующих установок: главные двигатели, вспомогательные двигатели, узлы трансмиссий и других важных механизмов. Однако, возникают дополнительные проблемы при проектировании и эксплуатации систем управления при использовании термометров, вызванные из-за своих недостатков.

2.2.1. Особенности использования термометров на судах.

На судах применяются разные типы термометров, такие как: механические, электронные (термопары и термисторы), инфракрасные модели. Основные различия в конструкции этих моделей были рассмотрены ранее.

Основные особенности использования термометров:

– снятие показаний в труднодоступных местах. Так как датчики размещаются в местах с наиболее подверженных нагрузкам и чувствительных к изменению температуры, например в районе цилиндров двигателей или элементах систем охлаждения, то возникает возможность снимать показания с таких мест напрямую. Использование термометров позволяет беспрепятственно получать информацию об уровне температуры на данных участках.

– передача информации. Полученные показания температур могут передаваться в судовую систему, при наличии необходимого оборудования, благодаря чему оператор получает непрерывную информацию о состоянии оборудования в режиме реального времени.

– обработка поступающих результатов измерения температуры и действия по полученным результатам. На основе поступивших с сенсоров

данных и наличии необходимого оборудования и программного обеспечения, есть возможность автоматического вмешательства системы в технологический процесс, например в такой процесс как корректировка расхода охлаждающей жидкости. Также есть возможность автоматической подачи различных сигналов, которые будут информировать оператора о том, что показатели работы оборудования выходят за пределы допустимой нормы отклонений.

2.2.2. Недостатки использования термометров на судах.

Как было сказано, несмотря на свою распространенность применения, термометры имеют ряд недостатков, которые будут рассмотрены далее.

Основные недостатки использования термометров:

– ограниченная точность измерения. Термометры имеют погрешность при измерении температуры, обычно приборы имеют класс точности обычно 1,5/2,5, что означает о возможной погрешности в измерении на 1,5%/2,5% от диапазона измерения прибора. Неточность в измерении может дать ложное представление о состоянии узла, что может привести к преждевременному выключению оборудования, вхождение в аварийный режим или к его перегреву.

– влияние внешних факторов на точность измерений. Внешние факторы способны повлиять на точность измерения термометров. К таким факторам можно отнести: вибрацию, влажность, коррозию, воздействие соли и влаги (в условия морского климата).

– потребность в регулярном обслуживании. Термометры, как и все оборудование, требует периодической проверки и калибровки, что предотвратит появление дополнительных отклонений при измерении температуры. Эти процедуры дополнительные затраты времени и ресурсов [27].

– ограниченная информация о состоянии узла. По причине того, что термометры дают представление о состоянии узла только в определенной

точке, с которой снимаются показания, нет возможности составления полной картины состояния контролируемого оборудования. Невозможность наблюдать полную картину препятствует точному анализу возникновения перегрева. Например, высокая температура может быть следствием различных причин, таких перегрузки, недостаток смазки и некорректной работы системы охлаждения. Для составления более-менее полной картины требуется использование дополнительные датчики и систему мониторинга состояния.

– риск отказа. Термометры, как и любое другое оборудование имеют срок службы и часы наработки. При выходе из строя термометра в критический момент, оператор перестает получать необходимую информацию о состоянии узла, что безусловно повышает вероятность возникновения аварийной ситуации из-за невозможности получить информацию о работе оборудования и незнании того, что необходимо предпринимать действия для изменения работы оборудования и вспомогательных узлов.

– сложности интеграции в новые автоматизированные системы. В современных системах автоматизации могут использоваться новые протоколы связи, что затрудняет интегрирование стандартных термометров в современные системы, так как для этого могут потребоваться применение дополнительных мер.

Контроль температуры при работе оборудования является важным элементом в системах управления, поэтому при их создании стоит учитывать недостатки используемых измерительных приборов. Для составления более надежной и функциональной системы рекомендуется использовать комбинированный системы измерения, например, дополнять датчиками давления, вибрации, расходов. Использование комбинированной системы измерения позволит более точно анализировать и прогнозировать состояние узлов. Все это снизит вероятность возникновения рисков, таким образом повысится эффективность работы оборудования и безопасность плавания.

2.3. Технические характеристики термометра биметаллического ТБ-1Сд и его сравнение с тепловизорами.

Для примера рассмотрен судовой термометр «Термометр биметаллический ТБ-1Сд», которые применяются для измерения температуры на судах неограниченного района плавания. Стоимость данного устройства составляет ~4 тыс. рублей.



Рис 2.1. Термометр биметаллический ТБ-1Сд.

Таблица 2. Технические характеристики

Температурный диапазон, °С	-60...40; -60...90; -60...150; -50...50; -50...100; -50...150; -30...60; -20...40; 0...60; 0...100; 0...120; 0...150; 0...200; 0...300; 0...400
Применение в промышленности	Судостроение
Класс точности	1,5; 2,5
Устойчивость к вибрации	от 5 до 100 Гц (при 0,7g)
Климатическое исполнение	ОМ5
Степень пылевлагозащиты	IP54
Материал корпуса	Нержавеющая сталь
Режим работы, температура °С	От -60 до +50

Как видно из таблицы 2 термометры обладают средней устойчивостью, однако, в предлагаемых изделиях, эти классы гораздо выше, что повышает шансы жизнеспособности устройства в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. В предлагаемых к использованию изделиях устойчивость к вибрации составляет 1-80 Гц при ускорении в 4g, что потенциально выше, так как ускорение влияет на интенсивность вибраций.

Климатическое исполнение согласно ГОСТ 15150-69 у термометра ОМ5.

Буквенная часть обозначает климатическую зону:

- У — умеренный климат ($-45\dots+40^{\circ}\text{C}$);
- ХЛ (не имеет цифровой части со значением 4) — холодный климат ($-60\dots+40^{\circ}\text{C}$);
- УХЛ — умеренный и холодный климат ($-60\dots+40^{\circ}\text{C}$);
- Т — тропический климат ($+1\dots+50^{\circ}\text{C}$);
- М — морской умеренно-холодный климат ($-40\dots+40^{\circ}\text{C}$);
- О — общеклиматическое исполнение (кроме морского) ($-60\dots+50^{\circ}\text{C}$);
- ОМ — общеклиматическое морское исполнение ($-40\dots+45^{\circ}\text{C}$);
- В — всеклиматическое исполнение ($-60\dots+50^{\circ}\text{C}$).

Следующая за буквенной цифровая часть означает категорию размещения:

- 1 — на открытом воздухе;
- 2 — под навесом или в помещении, где условия такие же, как на открытом воздухе, за исключением солнечной радиации, атмосферных осадков;
- 3 — в закрытом помещении без искусственного регулирования климатических условий;

- 4 — в закрытом помещении с искусственным регулированием климатических условий (вентиляция, отопление);
- 5 — в помещениях с повышенной влажностью, без искусственного регулирования климатических условий.

У тепловизоров же, эта характеристика – OM1, B1.

Степень пылевлагозащиты согласно ГОСТ 14254 у термометра IP54, что является частичной защитой от пыли и от водяных брызг.

При конструировании тепловизоров, обычно, достигается степень IP67 или IP68, что обеспечивает полную защиту от пыли и при погружении устройства под воду на глубину до 1 метра или более (по IP68).

Класс точности – погрешность от всего диапазона измерений в %. В данном термометре она составляет 1.5% или 2.5%. В тепловизорах же погрешность составляет $\pm 2^\circ$, что составляет около 0,57% от диапазона с -50° до $+300^\circ$. Благодаря широкому диапазону нет надобности заказывать и устанавливать термометры с диапазоном, подходящим под конкретный узел.

Что касается срока службы тепловизоров, то он составляет в среднем от 5 до 11 лет, что не уступает заявленному сроку службы у термометров.

2.4. Тепловизоры как способ измерения температуры узлов на судах и их преимущества по сравнению с термометрами.

Для контроля температуры использование тепловизоров имеет ряд преимуществ по сравнению с термометрами. Рассмотрим преимущества использования устройств с болметрами:

– возможность беспроводного и/или удаленного измерения. Тепловизоры позволяют получать параметры температур удаленно, что исключает необходимость физического контакта с объектом. Эта особенность использования тепловизоров особенно важна при контроле температуры в труднодоступных местах и в элементах, которые находятся под высоким напряжением. В свою очередь термометры, для снятия показаний, требуют непосредственного контакта с объектом, что является небезопасным.

– мгновенное отображение данных. Некоторые термометры не имеют возможность выводить данные на экран оператора, в отличие от тепловизоров. Благодаря тепловизорам можно получить информацию не только в виде значения, но и дополнительно в виде карты температур, что позволяет быстрее определить состояние узла. Тепловые карты с сочетанием цифровых показателей значительно ускоряют процесс диагностики оборудования, что позволяет оперативнее реагировать на возникновение проблем.

– более обширный диапазон измерений. Тепловизоры имеют более широкий диапазон измерений, в отличие от термометров. Кроме этого, точность измерений будет выше, несмотря на более большой диапазон. Также есть возможность измерять как отрицательные, так и положительные температуры, и возможность работы в более суровых условиях, что делает тепловизоры универсальным измерительным инструментом для контроля различных узлов на судах.

– возможность обнаружение точек повышенной температуры и аномалий в работе оборудования. Возможность наблюдать целиком за узлом позволяет обнаружить точки повышенной или пониженной температуры, которые могут возникнуть под влиянием различных условий. Как правило возникновение таких точек указывает на неисправность системы. Данная возможность позволит заранее выявить потенциальные проблемы, что снизит риск возникновения поломок и аварийных ситуаций. Термометры в свою очередь не позволяют получить такое детальное представление об узле.

– возможность наблюдения за несколькими узлами одновременно. При должных характеристиках болометрического устройства, таких как угол обзора и фокус объектива, и близкого расположения нескольких узлов на судне появляется возможность контролировать несколько узлов одним устройством. Это снизит количество необходимого, для анализа состояния узла, оборудования. Данная возможность повышает эффективность мониторинга, термометры в свою очередь лишены возможности снимать показания одновременно с нескольких узлов.

– возможность хранения снятых показаний. Сохранение данных можно осуществить внедрением в устройство внутренней памяти или с помощью копирования на внешний диск. С применением этой функции облегчается анализ состояния оборудования и более точного выявления причин возникновения проблем, которое не удалось определить в режиме реального времени. Появляется возможность выявления тенденций изменения температуры.

– безопасность. Благодаря первому преимуществу, исключаящему непосредственный контакт человека с измерительным прибором при его установке или снятии показаний, снижается риск получения травм личным составом при работе.

– устойчивость к влиянию внешних условий. Конструкция тепловизоров позволяет работать в более суровых условиях и делает их менее восприимчивыми к физическим воздействиям, что делает их более надежными и безотказными при эксплуатации в сложных и морских условиях [35].

Рассмотрев преимущества использования тепловизоров при наблюдении за показателями температуры узла, можно сделать вывод, что болометрические устройства более безопасные, эффективные и имеют больших функционал и возможность интегрирования в новые автоматизированные системы управления [35-40].

2.4.1. Повышение безопасности экипажа при использовании тепловизоров для контроля температур.

Кроме ранее рассмотренных преимуществ, тепловизоры имеют несколько особенностей, которые позволят повысить безопасность при плавании.

Особенности, способствующие повышению безопасности:

– при установки тепловизоров для наблюдения за окружением вокруг судна позволит обнаружить объекты, которые могут представлять опасность для судна при столкновении с ним. Особенность использования тепловизоров

для этой задачи является возможность наблюдения в условиях плохой видимости, таких как дождь, туман, ночь.

– наблюдение за состоянием оборудования. Данный пример уже ранее был рассмотрен при рассмотрении преимуществ использования тепловизоров для измерения температур.

– поиск и спасение. С помощью использования тепловизоров становится легче обнаружить поиск пострадавших, что значительно повышает шансы на выживание людей попавших в бедствие. Особенно упрощается поиск людей в темное время суток.

– контроль за состоянием экипажа. Тепловизоры позволяют наблюдать за состоянием здоровья личного состава.

Таким образом применение тепловизоров значительно повышают безопасность экипажа при плавании и работе, а также позволяет эффективней находить пострадавших.

2.4.2. Проверка эффективности применения тепловизоров в условиях ограниченной видимости.

Для проверки эффективности применения тепловизоров во время поисково-спасательных операциях, в особенности при задымлениях, в 2025 году планируется провести испытания, целью которых будет являться возможность обнаружения и наблюдения человека в условиях задымления помещения различными продуктами горения. Объем испытаний состоит из разных условий проверки, где будет учитываться дальности, плотность дыма, находится ли оператор в дыму и прочие факторы.

Дополнительной частью испытаний будет наблюдение за имитатором узла, чтобы выявить возможность наблюдения за узлом в условиях ограниченной видимости.

Контроль наблюдения будет осуществляться двумя способами. Первый – непосредственно самим оператором в окуляр, второй – через выведенное изображение на монитор. С помощью разделения способов наблюдения будет

возможность обнаружить есть ли разница в способе наблюдения, в случае если будет расхождения – определение наиболее эффективного способа, влияние на оценку обнаружения.

Оценка будет осуществляться по балльной системе, с учетом контрастности, четкости наблюдаемого объекта.

2.4.3. Состав системы для контроля температуры узлов с использованием тепловизоров.

Применение устройств с болометром позволит контролировать места с наибольшей вероятностью перегрева или возгорания, засчет отслеживания температур поверхности в реальном времени. Высокая точность определения температур и непрерывный контроль способствует снижению вероятности возникновения чрезвычайно опасных ситуаций (ЧОС) на борту, что повысит вероятность благополучного завершения экспедиции и не приведет к жертвам и лишним затратам, которые могут потребоваться на ремонт, замену оборудования и прочие расходы, вызванные возникновением ЧОС. Помимо этого данные устройства можно применять в поисково-спасательных операциях, с их помощью будет легче найти пострадавших в задымленных помещениях.

Для повышения эффективности использования устройств с болометрами потребуется создание специального программного обеспечения (ПО). С его помощью на экране будет отображаться цифровое значение максимальной температуры. Это позволит иметь точное представление о температуре поверхности и избавит от траты времени на определение температуры, путем сравнивая цвета поверхности с цветами шкалы температур или другим способом, которые являются не только затратными по времени, но и недостаточно точными, что может привести либо к ложной тревоге, если ошибочно температуру определяют выше, чем она есть на самом деле, либо, в обратном случае, к возникновению опасной ситуации

Устройство с болометром будет охватывать большую территорию, что даст более детальную картину о наблюдаемом узле, что позволит не просто обнаружить заранее место, подверженное перегреванию, но и, благодаря более «полной» картине, повысит возможность выяснить причины перегрева. Общее количество информации, которая поступает с наблюдения, гораздо выше, чем информация поступающая с термометра.

Данное устройство будет состоять из двух основных частей. Первая часть будет представлять собой объектив, болометр, платы питания/управления помещенные в водонепроницаемый и пылезащищенный корпус. Вторая – вынесенный на необходимое расстояние экран и пульт управления устройством.

Рассмотрим каждый элемент отдельно:

- объектив. Оптическая система, с помощью которой будет формироваться изображение на болометре устройства. Предлагается использовать объектив с полем зрения $50^{\circ}+$.

- болометр. Именно использование данного приемника позволит улавливать излучения, которое даст информацию о температуре поверхности с высокой точностью.

- платы. С их помощью будет реализована работа и записано ПО со всем необходимым функционалом устройства.

- корпус. Корпус предлагается сделать из материала Алюминий Д-16. При разработке изделия предпринять конструктивные решения для обеспечения водонепроницаемости и пылезащищенности. Данное решение повысит жизнеспособность устройства, что позволит использовать устройство без замены и ремонта даже после возникновения в помещении задымления, затопления и прочих подобных ситуаций.

- экран. Экран предлагается сделать внешним, что позволит удаленно наблюдать за контролируемыми участками. Это повысит эффективность контроля за узлами и сделает место наблюдения «мобильным», что позволит переносить его.

– пульт управления. При помощи пульта управления будет осуществляться выполнение следующих команд: включение и выключение устройства, приведение в движение устройств подвижки (при их наличии), приближение и отдаление изображения, Screenshot, переключение фильтров, включение и выключение записи изображения.

Рекомендуется вводить функцию увеличения изображения, для более детального наблюдения маленьких или отдаленных участков.

Существует три способа исполнения данной функции:

– Цифровое увеличение изображения. Данный способ является относительно новым. В основе его реализации лежит программная обработка изображения. При активации цифрового приближения устройство просто обрезает изображение и растягивает оставшуюся часть, что приводит к потере качества изображения и его детализации. Поэтому цифровое приближение является не столь приближением изображения, а программным результатом манипуляции с ним.

– Оптическое приближение изображения является основополагающим способом приближения изображения. Это происходит за счет изменения фокусного расстояния объектива, которое достигается при подвижках линз относительно друг друга, что приводит к изменению воздушных промежутков. При оптическом приближении не теряется четкость и детализация изображения.

– Гибридное приближение изображения является самым новым способом приближения изображения. Он является смесью оптического и цифрового способа. Таким образом сначала происходит небольшое оптическое приближение, после чего основное приближение происходит цифровым способом, после чего получается более четкое и качественное изображение, чем у при цифровом способе, но которое все равно уступает оптическому.

Таким образом, основное различие между цифровым и оптическим приближением заключается в том, что при оптическом способе требуется

изменение оптических параметров объектива, для которого необходим физический контакт с объективом.

Проанализировав способы приближения изображения, предлагается использовать цифровой способ, так как он не требует внесения дополнительных механизмов, с помощью которых будет производиться физическое взаимодействие с объективом для изменения фокусного расстояния и для подвижки прибора, для «нацеливания» на определенный участок. Исключение дополнительных механизмов снизит вероятность выхода из строя системы наблюдения, так как уменьшается количество элементов, способных перестать функционировать.

Изменение фильтров позволит:

– позволит повысить качество съемки наблюдаемых объектов. Эта функция позволит при минимальной потере качества наблюдать в условиях недостаточной видимости;

– повысить объем получаемой оптической информации, при наблюдении за объектами в заданных узких диапазонах. Данный способ поможет уменьшить грубое усреднение яркости фрагментов, которое наблюдается при использовании широких спектральных диапазонов;

– снижение уровня шума системы. Фильтр позволит снизить количество энергии сцены, которая поступает на матрицу фокальной плоскости камеры.

Запись изображения необходима для дальнейшего изучения, выявления причин, вызвавших проблему и т.д.

2.5. Программное обеспечение для системы контроля температуры.

Для повышения эффективности предлагается ввести в систему программное обеспечение. Данное ПО будет направлено на повышение безопасности и облегчение работы с системой. Предлагается два пути его создания:

1. Модернизация уже существующего ПО.
2. Создание нового, уникального ПО.

При выборе любого из путей решения возникают свои минусы и плюсы.

Если избрать путь модернизации уже существующего ПО, то это будет дешевле и быстрее. Однако, возникают следующие проблемы, совместимость будет под вопросом, даже при внесении особых условий и дополнений в код.

Преимуществом создания нового ПО будет в совместимости и минимизации ситуаций отказа или сбоя работы, но на это потребуется больше времени и средств.

Предлагается использовать решение с созданием нового программного обеспечения, так как это позволит минимизировать риски некорректной работы системы.

В данное ПО будет входить следующие функции:

- Выявление зон с наибольшей температурой.
- Предупреждение и отработка аварийной ситуации для предотвращения перегрева или возгорания.
- Возможность записи в реальном времени, внедрение циклической записи.
- Анализ и прогнозирование температур расчетным способом.

Рассмотрим важность каждой из функций.

Выявление зон с наибольшей температурой.

Данная функция позволит наблюдать и акцентировать внимание на более нагретых участках наблюдаемого объекта. Предлагается реализовать функцию следующим образом:

1. Выявления нескольких точек с наивысшим показателем температуры.
2. Анализ пространственного расположение точек. Это поможет исключить точки, которые находятся в непосредственной близости к друг другу и относятся к одной зоне повышенной температуры. При этом будет учитываться расстояние между точками и температура соседних точек и участков.

3. Определение примерной зоны повышенной температуры с дальнейшим выделением ее в квадратную зону и выводом информации о максимальной, средней температуре в указанном участке.

Предупреждение и отработка аварийной ситуации для предотвращения перегрева или возгорания.

Для предотвращения аварийных ситуаций рекомендуется ввести программу по их предупреждению и отработке. Данная программа направлена на повышение безопасности и предотвращения возникновения ситуаций, которые могут повлечь за собой вывод техники из строя и создание опасной ситуации.

Предлагается внести алгоритм, который будет состоять из следующих этапов:

1. После выявления температур, выходящих за предельный уровень (учитывая допустимое отклонение), производится оповещение в контрольный пункт. После чего личным составом будет произведен анализ и, при надобности, необходимые мероприятия.

2. В случае, если ответа от контрольного пункта не будет в течении определенного времени (которое будет рассчитано для определения среднего времени, за которое установка может находиться в зоне повышенной температуры), будет автоматически запущен вход установки в аварийный режим работы.

Возможность записи в реальном времени, внедрение циклической записи.

Запись позволит анализировать и выявлять причины возникновения нештатных ситуаций. Для экономии ресурсов предлагается внести циклический метод записи. При этом методе используется способ автоматического обновления записанных фрагментов. При таком методе запись идет до тех пор, пока не заполнится выделенный объем памяти, после чего самая старая запись стирается и записывается новый фрагмент. Данный

способ позволит постоянно иметь фиксированный объем информации, при этом не будет перерасход памяти.

Анализ и прогнозирование температур расчетным способом.

После выявления высоких температур, будут браться последние показания температуры в этих точках и рассчитываться показатель температуры, который будет возможен при сохранении такой же тенденции роста. Эта функция позволит заранее обратить внимание на места, которые могут в скором времени перегреться.

2.6. Внедрение системы для контроля температуры узлов с использованием тепловизора.

Как было выяснено, контроль температур установок является одним из важнейших аспектов для безопасной и эффективной работы. Поэтому рассмотрим первостепенные места, в которые рекомендуется внедрить системы контроля температуры с использованием тепловизоров:

- двигатели и трансмиссии. Отслеживание температуры двигателей и других механических компонентов позволит избежать перегрева и обеспечит бесперебойную работу установок.

- системы охлаждения. Важно контролировать температуру подаваемой охлаждающей жидкости и ее эффективность влияния на охлаждаемые участки.

- электрические компоненты. Трансформаторы и другие электрические устройства могут перегреваться, поэтому возникает необходимость в информировании об их показателях температур.

- топливные отсеки. Температура топлива влияет на его загустение, что может повлиять на работу двигателей.

К второстепенным местам можно отнести:

- отопления и кондиционирования. Это позволит поддерживать оптимальную температуру в жилых и рабочих помещениях, что позволит обеспечить комфорт экипажа и пассажиров.

– грузовые отсеки. При перевозке грузов, чувствительных к изменением температуры (например, продуктов питания или медикаментов), появляется необходимость контролировать температуру в грузовых помещениях.

2.7. Сравнение системы, оборудованной тепловизорами, и системы, оборудованной термометрами.

Система оборудованная тепловизорами имеет дополнительные возможности, такие как:

- непосредственное наблюдение за состояние узлов в режиме реального времени;
- возможность наблюдение за большей частью узла, а не за конкретной его частью;
- удаленное наблюдение.

Сравнение по стоимости, точности измерений, сроку службы, устойчивости и защищенности приведены в таблице 3.

Таблица 3. Сравнение термометров и тепловизоров.

	Термометры	Тепловизоры
Стоимость	40 тыс. руб. (10 шт)	2.4 млн. руб. (2 шт.)
Точность измерения	1.5%, 2.5%	0.5%
Срок службы	2-3 года	3-11 лет
Устойчивость и защищенность	IP54 OM5	IP67, IP68 OM1, B1

Проанализировав таблицу 3 можно сделать вывод, что тепловизоры имеют преимущество во всех аспектах, кроме цены. Стоимость производства тепловизоров является одним существенным недостатком, однако при должном развитии данного направления есть вероятность снижения уровня цен на производство оборудования с использованием болометров.

Заключение.

В ходе работы были изучены современные автоматизированные системы управления и способы измерения параметров температуры, используемых на судах при плавании в арктических морях. Проанализировав из особенности и недостатки, изучив современные инструменты, позволяющие снимать показания температур, был предложен новый метод автоматизации системы с применением устройств инфракрасного зрения на неохлаждаемом микро-боллометрическом модуле на основе ПЗС-матрицы, способной предотвратить возникновение пожара и обнаружить его. Предлагается использовать новый метод для определения значения температуры только в первостепенных помещениях. Это решение считается оптимальным, так как помещения первостепенной значимости имеют повышенную опасность и требуют более тщательного контроля, так же реализация этого решения не потребует большого количества людей, что не приведет к увеличению личного состава.

Стоимость данного оборудования составляет ориентировочно 1,2 млн. руб. при серийном производстве. Приведенная выше сумма выше стоимости термометров, что является основным недостатком в использовании тепловизоров. Основное преимущество в точности измерения температуры, в широком диапазоне измерений, в возможности наблюдения за целым или большей частью узла, а не за конкретной его частью, что дает более полное представление о его состоянии. Учитывая все вышесказанное, рекомендуется рассмотреть внедрение разработанного метода, так как он повысит безопасность, способствует экономии средств, которые могут потребоваться на ремонт узлов, которые могли бы прийти в негодность. При внедрении метода рекомендуется рассмотреть частичную замену термометров тепловизорами.

Список использованной литературы

1. Дробжева Я. В., Волобуева О. В. Особенности метеорологического обеспечения авиации в Арктической зоне: Учебное пособие. – СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2022. – 76 с.
2. Воронов, А. А. Основы теории автоматического управления. Часть 2 / А.А. Воронов. - М.: Энергия, 2014. - 372 с.
3. Технические средства автоматизации и управления: учебник для академического бакалавриата / под общ. ред. О. С. Колосова. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 291 с. — Серия: Бакалавр. Академический курс.
4. Фельдбаум, А. А. Вычислительные устройства в автоматических системах / А.А. Фельдбаум. - М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 2017. - 800 с.
5. Воронов, А. Элементы теории автоматического регулирования / А. Воронов. - М.: Воениздат, 2015. - 472 с.
6. Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Л., Заичко С.И. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. – Одесса, ФЕНИКС, 2005. – 272 с.
7. Справочник проектировщика АСУТП/ Г.Л. Смилявский, Л.З. Амлинский, В.Я. Баранов и др.; Под ред. Г.Л. Смилянского. М.: Машиностроение, 1983. – 572 с.
8. Лебедев К.Н. Автоматизированные системы управления технологическими процессами: Учебное пособие/ К.Н. Лебедев. – зерноград, ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008. – 117 с.
9. Гнедов Г.М., Янушевский Д.К. Судовые измерительные устройства и испытательные системы. Судостроение. 1977

10. Белов О. А. Судовые электроприводы. Основы теории и динамики переходных процессов: учебное пособие для вузов / О. А. Белов; ФГОУ "ЦУМК". - М.: Моркнига, 2016. - 187 с.

11. Авдеев, Б. А. Элементы и функциональные устройства судовой автоматики: учебное пособие для вузов / Б. А. Авдеев ; Керченский государственный морской технологический университет. - СПб. : Научное издание, 2018. - 260 с.

12. Голиков, С. П. Судовая электроника и силовая преобразовательная техника: учебное пособие для вузов / С. П. Голиков, Н. П. Сметюх ; ФГБОУ ВО "КГМТУ". Кафедра электрооборудования судов и автоматизации производства). - Керчь: КГМТУ, 2016. - 300 с.

13. Пахомов Ю. А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания: учебник для вузов / Ю. А. Пахомов. - М.: ТрансЛит, 2007. - 527 с.

14. Электронные системы управления работой дизельных двигателей: учебное пособие для вузов / М. Ю. Карелина [и др.]; ред. С. И. Головин. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 160 с.

15. Ефентьев В. П. Борьба с водой на судах: учебное пособие для вузов и ср. профессиональных морских учебных заведений / В. П. Ефентьев, В. Г. Гурьев; ФГОУ "ЦУМК". - М.: Мир, 2003. - 88 с.

16. Ефентьев В. П. Борьба с водой на судах: учебное пособие для вузов и ср. профессиональных морских учебных заведений / В. П. Ефентьев, В. Г. Гурьев; ФГОУ "ЦУМК". - М.: Мир, 2003. - 88 с.

17. Грачев В. А., Собурь С. В., Коршунов И. В., Маликов И. А. Средства индивидуальной защиты органов дыхания пожарных (СИЗОД): Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. М. : ПожКнига, 2012. 190 с, ил.

18. Груздев Н.Г. Безопасность плавания. Учебник для курсантов военно-морских институтов. — СПб., 2002. — 211 с.

19. Наставление по борьбе за живучесть судов Министерства морского флота Союза ССР (НБЖС). РД 31.60.14-81 г. М., В/О «Мортехинформреклама», 1983, 200 с. 81
20. Пожарная безопасность на морском транспорте. Ассоров Ф.Г., Шпиков Б.И. Изд-во «Транспорт», 1974, 280с.
21. Правила морской перевозки опасных грузов (Правила МОПОГ). РД 31.15.01-89. том 1. –М.: В/О «Мортехреклама», 1990, 664 с.
22. Карнаухов, А.И. Пожары. Технология и практика тушения [Электрон. изд.]: учебное пособие для студентов направления 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» очной формы обучения / А.И. Карнаухов, И.В. Кухар, С.Н. Орловский. – Красноярск: СибГТУ, 2015 — 92 с.
23. Программа подготовки личного состава подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России (утв. МЧС России 29 декабря 2003г.). 124с.
24. Терещнев В. В. Организация службы начальника караула пожарной части: Учебное пособие. М.: Академия ГПС, 2014. 336 с.
25. Трояновский, В.М. Информационно-управляющие системы и прикладная теория случайных процессов: моногр. / В.М. Трояновский. - М.: СПб. [и др.] : Питер, 2010. - 304 с.
26. ГОСТ 20914-75. Автоматизированные системы управления. Стадии создания. Содержание и организация работ.
27. ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
28. ГОСТ 12.1.033—81 ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения
29. ГОСТ 12.2.003—91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности
30. ГОСТ 12.4.009—83 ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание

31. Шаровар Ф.И, Устройства и системы пожарной сигнализации, М., Стройиздат, 1985г., 256с.
32. Себенцов Д. Основные тенденции развития традиционных пожарных извещателей. Алгоритм безопасности, №2, 2003г., с.26-29. 82
33. Панфилов Д.А., Системы пожарной сигнализации с радиоканалом. Электронные компоненты, №9, 2003г., с.80
34. Штумпф Э.П., Штелинг В.Н., Настройка судовых систем пожарной сигнализации, Л: Судостроение, 1988г., 88с., ил.
35. Ллойд Дж. Системы тепловидения./Пер. с англ. под ред. А.И. Горячева. - М.: Мир, 1978, - с. 416.
36. С. А. Бажанов. Инфракрасная диагностика электрооборудования распределительных устройств. — М.: НТФ "Энергопрогресс", 2000. — 76 с.
37. В. П. Вавилов, А. Н. Александров. Инфракрасная термографическая диагностика в строительстве и энергетике. — М.: НТФ "Энергопрогресс" 2003. — 76 с.
38. Бажанов С.А. Тепловизионный контроль электрооборудования в эксплуатации. Часть 1,2. М.: НТФ "Энергопрогресс", 2005, Библиотечка электротехника, приложение к журналу "Энергетик"; Вып. 5 (77) - 80 с., Вып. 6 (78) - 64 с.
39. Р. Гобрей, В. Чернов, Є. Удод. Диагностирование электрооборудования 0,4—750 кВ средствами инфракрасной техники. К.: "КВЦ", 2007. - 374 с.
40. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. Москва, ИД Спектр, 2009. 544 с.