

УДК 656.6

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ ПРИ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И
РЕМОНТЕ СУДОВ**

Казанцев Дмитрий Александрович¹, аспирант кафедры проектирования и технологии постройки судов

e-mail: reasonabl@mail.ru

Бурмистров Евгений Геннадьевич¹, проректор по научной и инновационной деятельности, доктор технических наук, профессор

e-mail: burmistrov_e_g@mail.ru

Русенко Игорь Владимирович¹, инженер

e-mail: igorrusenko@yandex.ru

Савицкий Дмитрий Викторович¹, инженер

e-mail: Dmsavitsky85@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы совершенствования системы управления надёжностью с применением анализа и оценки критичности судовых технических систем и корпусов. Практическая цель работы заключается в решении задачи по ранжированию оборудования на базе комплексной оценки, включающей в себя анализ критичности, совмещенный со статистикой по отказам. Как следствие – корректировка ремонтной программы, а также изменение стратегий ремонта.

Ключевые слова: судовые технические системы и корпус, анализ критичности, статистика по отказам, надёжность, технические недостатки, математическая модель оценки критичности, стратегии ремонтов.

**THEORETICAL SUBSTANTIATION OF TOOLS FOR IMPROVING THE
RELIABILITY MANAGEMENT SYSTEM DURING TECHNICAL OPERATION,
MAINTENANCE AND REPAIR OF SHIPS**

Dmitry A. Kazantsev¹, Doctoral Student of the Department of Design and Technology of Ship Construction

e-mail: reasonabl@mail.ru

Evgeniy G. Burmistrov², Vice-Rector for Scientific and Innovation Activities, Doctor of Technical Sciences, Professor

e-mail: burmistrov_e_g@mail.ru

Igor V. Rusenko¹, Engineer

e-mail: igorrusenko@yandex.ru

Dmitriy V. Savitskiy¹, Engineer

e-mail: Dmsavitsky85@mail.ru

Abstract. The article considers the issues of improving the reliability management system using the analysis and assessment of the criticality of ship technical systems and hulls. The practical goal of the work is to solve the problem of ranking equipment based on a comprehensive assessment, including criticality analysis combined with failure statistics. As a result – adjustment of the repair program, as well as a change in repair strategies.

Keywords: ship technical systems and hull, failures, criticality of failures, criticality matrix, reliability, technical deficiencies, failure prevention, repair strategies.

Введение

Современная реальность диктует бизнесу множество условий в части содержания флота в исправном техническом состоянии и повышения его надежности, формирования актуального и оптимального бюджета на программу технического обслуживания, ремонта и модернизации. Зачастую эти программы сформированы шаблонно и не претерпевают серьезных изменений год от года, так как участники бизнеса привыкли к парадигме мышления, что техническое обслуживание и ремонт в основной своей части это – «затраты» который несет бизнес год от года. Участникам удобно пользоваться одной и тоже информацией, в одном и том же формате с минимальными изменениями в сторону увеличения стоимости работ на основе ремонтной ведомости судна, как пример. Как определить какая часть бюджета расходуется целевым образом, а какую часть необходимо пересмотреть? Как определить охватывает ли ремонтная программа всё критически важные судовые технические системы и корпус, а какое ТССиК получает излишнее обслуживание, по затратам не соразмерное с выполняемой функцией? На большую часть этих вопросов отвечают первые шаги в формировании актуального ТОИР – анализ и оценка критичности судовых систем и корпуса, и анализ статистики отказов и технических недостатков. Первая часть в результате дает оцифрованное ранжирование ТССиК, вторая часть показывает реальную картину уровня надежности судовых технических систем и корпуса. Эти два блока неотделимы друг от друга, так, как только в совокупности могут показать полноценную картину: какие судовые технические системы и часть корпуса сейчас являются наиболее критичным для процессов эксплуатации и надежности судна, а следственно и для бизнеса в части планирования «затрат». Прохождение этого шага в первую очередь повышает прозрачность программы технического обслуживания и ремонтов флота и точно расставляет акценты для последующего планирования.

Принятые термины и определения

Объект – Любая часть, элемент, устройство, подсистема, функциональная единица, аппаратура или система, которую можно рассматривать самостоятельно.

Отказ – Утрата объектом способности выполнять требуемую функцию.

Вид отказа – Единица классификации отказов на основе установленных критериев: особенностей, причины, последствий отказа.

Потенциальный отказ – Возможный или наблюдаемый отказ.

Последствия отказа – Явления, процессы, события и состояния, обусловленные возникновением отказа объекта.

Система – Совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих элементов.

ИС ТОИР – Корпоративная информационная система управления ремонтами и обслуживанием



РСФ – Речной сухогрузный флот.

МСФ – Морской сухогрузный флот.

ПДВ – Предельно допустимые выбросы.

ПДС – Предельно допустимые сбросы.

Дерево СТСиК – Иерархическое расположение судовых технических средств и корпуса.

СТСиК – Судовые технические средства и корпус.

АКОСТСиК – Анализ критичности отказов судовых технических средств и корпуса.

ДРП – Доска решения проблем.

Анализ и оценка данных о возможных последствиях отказов судовых технических средств и корпусов (СТСиК) (для разработки матрицы критичности СТСиК [4] с последующим ранжированием СТСиК по степени риска для судна на основе последствий от отказа с точки зрения безопасности, ущерба окружающей среде, экономичности и эффективности эксплуатации)

Цель проведения анализа критичности – цифровая оценка и ранжирование объектов ремонта судна согласно итоговой оценке критичности. Итоговая оценка критичности значительно упрощает принятие решений по техническому обслуживанию и ремонту СТСиК, определяет приоритетность ремонтных воздействий, а также может диктовать наполнение списка Аварийно-Технического Запаса и ЗИПа судов. Проведение оценки на должном уровне – первичный этап грамотного построения всей ремонтной программы основных активов компании. Так же стоит отметить, что для корректной оценки необходимо интегрировать в анализ отраслевые правила, стандарты, конвенции и прочее регламентирующие деятельность документы как пример SOLAS, MARPOL, особенно в части экологии и безопасности.

Общими словами можно сказать, что анализ критичности СТСиК – это всеобъемлющая оценка «важности» конкретного узла или системы, построенная на факторах влияния отказа данного узла на безопасную эксплуатацию судна. Принцип формирования оценки:

- Что может отказать?

- Чем это грозит?

- Какие «отказы» самые опасные и требуют максимального внимания?

Этапы проведения анализа.

Подготовка к проведению анализа критичности (сбор первичной информации) [2]

В соответствии со структурой судовых технических систем и корпуса (в нашем случае мы применяем дерево СТСиК, сформированное в информационной системе 1С: ТОИР) определяется группа технических объектов для анализа и уровень иерархической декомпозиции для которого будет проводится анализ критичности.

Выделяем объекты судна для проведения анализа критичности.

Выделение объектов анализа - первый шаг, на котором можно сделать ошибку, усложняющую весь последующий анализ критичности. На данном шаге необходимо определить именно те узлы/агрегаты/системы, которые максимально информативно отражают последствия их отказов на безопасную эксплуатацию судна. В данном случае нужно помнить: больше — не значит лучше, как пример, желание провести анализ критичности для каждого болта дизель-генератора не просто расходует ресурс экспертов, но и дает искаженный результат анализа критичности. Так как дизель генератор в данном случае нужно рассматривать как единый объект. Так же при этом нельзя укрупнять объекты с целью минимизации количества анализов, результат будет такой же – все системы перейдут в категорию критичности «А» (наивысший уровень критичности далее подробнее). Разберем пример на котельной установке, на судне которое может



использовать тяжелое топливо. Если рассматривать установку целиком (основной котел, утилизационные котлы, систему питания водой, включая систему отопления и т.д.) – критичность системы будет «А». Последствия отказов могут влиять на безопасность персонала, а также на стоимость эксплуатации судна, ведь в случае отказа потребуются переход на дизельное топливо, которое дороже тяжелого. И такая оценка нам не дает ничего, так как ставит систему в один ряд с рулевыми механизмами, главной энергетической установкой и другими критичными системами.

«Золотая середина» в нашем случае – это так называемый «4-й уровень дерева судовых технических систем и корпуса». Таким образом рассматриваются объекты с учетом их дублирования, что исключает непреднамеренное завышение критичности. (см. табл. 1).

Таблица 1. Пример организации уровней СТСиК в информационной системе ИС для утилизационного котла

Уровень1	Уровень2	Уровень3	Уровень4
Судно→	МКО→	Котельная установка→	Утилизационный котел

Сбор информации для анализа по выделенным объектам судна.

Сбор информации для анализа- второй шаг подготовительного этапа в ходе которого запрашивается вся необходимая информация для анализа о техническом объекте:

- конструкция объекта;
- назначение объекта;
- требования, предъявляемые к объекту;
- особенности элементов объекта;
- режим работы объекта;
- условие работы объекта и его элементов;
- история отказов объекта и аналогичного СТСиК.

Проведение анализа критичности объекта.

Критичность объекта определяется на основе критичности его отказа. Критичность каждого отказа определяется совокупностью тяжести последствий и вероятности его возникновения, в следующей последовательности:

а) Определяем отказы.

Для объекта анализа рассматривается самое негативное событие, т.е. отказ, который является правдоподобным с точки зрения вероятности и имеющий высокую тяжесть последствий. Описание правдоподобного отказа с высокой тяжестью последствий – одна из первых сложных задач для экспертов. Информацию о правдоподобных отказах объектов эксперты получают из открытых источников информации таких как: инструкции по ремонту или эксплуатации, база данных OREDA, актов дефектации при среднем или капитальном ремонте. Следует помнить, что отказ объекта влияет непосредственно на функцию рассматриваемого узла. При отказе функция объекта либо частично нарушается, либо теряется полностью. Таким образом необходимо тщательно формировать понимание функции рассматриваемого объекта. Нельзя отбрасывать маловероятные отказы, которые, возможно, никогда не происходили на судне, при этом так же нельзя уходить в фантазии, где любой отказ рулевого механизма может как пример привести к столкновению с железнодорожным мостом, повреждением топливных танков и разливом нефтепродуктов в акваторию. Важно удержаться в рамках наиболее серьезных последствий, которые действительно имеют потенциальную вероятность, а не вымышленную.

б) Прописываем функцию.

Функции объектов должны выявляться совместно с установлением по возможности количественных требований к эффективности их выполнения. Все функции объектов



относятся к определенным условиям и режимам их эксплуатации. Во время описания функции требуется учитывать реальные особенности рассматриваемого судна – учесть его условия эксплуатации, такие как: регион, начало и завершение навигации, ледовая обстановка, либо наоборот высокая средняя температура забортной воды, характерная для южных морей, оказывающая дополнительную нагрузку на систему охлаждения. Поэтому любые особенности условий и режимов эксплуатации объектов могут изменять требования инструкций по ремонту и инструкций по эксплуатации в области формулирования функции. Таким образом вновь возвращаемся к мысли, что одни и те же узлы / системы / механизмы на разных судах могут иметь разную функцию, необходимую для исполнения заданной функции именно сейчас в данный период времени (рейс / месяц / год / навигация), и отказы данных узлов могут иметь разную критичность.

Как пример, для главного двигателя судна функцию можно описать так: «обеспечивать вращательное движение коленвала с частотой до 320 об/мин.» или «обеспечивать номинальную мощность на выходном валу до 800 кВт (1088 л.с.).

При описании функции следует указывать требуемые функции, а не просто технические возможности.

Например, для обеспечения достаточного охлаждения системы достаточно, чтобы примененный в ней насос обеспечивал расход охлаждающей жидкости на уровне 400 л/мин, хотя в ней установлен насос с производительностью 600 л/мин. В данном случае в функции необходимо указать: «перекачка охлаждающей жидкостью с производительностью 400 л/мин».

в) Устанавливаем вероятность.

При оценке вероятности возникновения отказа необходимо делать допущение, что отсутствует какое-либо предупредительное обслуживание. Значение вероятности, оцененное по эксплуатационным данным, должно быть скорректировано, чтобы компенсировать влияние на него предупредительного обслуживания, конструктивных различий, отличий в условиях и режимах эксплуатации объектов. Простыми словами – оцениваем вероятность отказа так, будто мы перестали обслуживать данный объект. Это один из ключевых моментов в оценке вероятности и часто его трактуют не верно. Хороший пример здесь – моторное масло. Согласно документации на главные двигатели Wartsila 6L20 заменять масло следует через каждые 1000 часов работы. Это не означает, что двигатель обязательно откажет при наработке ровно 1001 час после последней замены. Двигатель сможет проработать на таком масле и 4000-5000 часов, но последствия такой работы будут критичными для технического состояния и уровня надежности двигателя, а затраты на восстановления ощутимо выше плановых. Соответственно для выбранного примера с главным двигателем Wartsila 6L20 необходимо установить вероятность отказа равной 1 раз в 5 лет.

г) Определяем последствия.

Под последствиями отказа понимают, что произойдет после возникновения отказа. В случае установления последствий отказа учитывают последствия отказа для рассматриваемого объекта, смежных с ним объектов, и в целом последствия для функционирования системы, в которую он входит. Другими словами, необходимо определить последствия на высшем уровне системы, т.е. на уровне судна. Выявление последствий отказа на высшем уровне необходимо для сравнительной оценки критичности отказов всех объектов. В описание последствий отказа включается предположение, в котором указывают невыполненные специальные действия, направленные на предупреждение, обнаружение или предотвращение его возникновения.

д) Оценка критичности.



Очевидно, что для оценки критичности необходимо свести воедино все факторы, описанные выше. Мы уже определили, что отказ имеет вероятность и последствия. Но отказ может влиять и на экологию, безопасность экипажа, коммерческую эксплуатацию судна, а также влиять на финансовые потери компании. Таким образом для оцифровки результата оценки критичности лучше всего подходит матричная система расчета и оценки критичности, требуется матрица, которая расставить по местам все факторы и поможет выявить конечный результат.

Для этой цели требуется построение математической модели расчета результатов и формирование самой матрицы, объединяющей все факторы (безопасность персонала, экология, эксплуатационные потери, затраты на ремонт) в одном поле.

Формализация и подготовка математической модели для оценки СТСиК по матрице критичности

Математическая модель оценки критичности судовых технических средств и корпусов (СТСиК) необходима для автоматизации и стандартизации процесса принятия решений при управлении надежностью. Она позволяет количественно и качественно оценить риски и определить приоритеты обслуживания и ремонта.

Оценка критичности выполняется согласно матрице, включающей в себя четыре фактора последствий:

- безопасность персонала;
- экология;
- эксплуатационные потери;
- затраты на ремонт.

По каждому фактору определяется следствие при определенной вероятности отказа. Итоговая критичность СТСиК определяется по наибольшему значению критичности одного из факторов последствий. Формула (1) расчёта критичности выглядит следующим образом:

$$C = P \times E_{\max} \quad (1)$$

где P — вероятность возникновения события;

$E_{\max}$ — последствия, имеющие наибольшее значение при наступлении события.

Далее, СТСиК распределяется по четырем категориям критичности:

- категория А - недопустимый риск (обязательно проведение АКОСТС и К [1], с разработкой обязательных к исполнению мероприятий, исключающих критические последствия);
- категория В - нежелательный риск (обязательно проведение АКОСТС и К, с разработкой мероприятий, направленных на снижения риска);
- категория С - приемлемый риск (необходимо сделать анализ по известным отказам и разработать на них мероприятия);
- категория D - несущественный риск (анализ отказов не требуется).

Для оценки критичности СТСиК разработаны матрица 1 для речного и матрица 2 для морского сухогрузного флотов.

Вероятности возникновения и фактору последствий в матрице присвоены цифровые значения в следующей логике:

- Вероятности присвоены числовые значения вероятности присвоены, согласно кратности возникновения в году (если каждый месяц, то 12, если 1 раз в 5 лет, то 0,2)
- Диапазонам факторов присвоены значения от 1 до 625, тяжесть каждого последующего фактора больше предыдущего в 5 раз (1; 5; 25; 125; 625). Пример фактора «Затраты на ремонт»: затраты на ремонт 3,3 млн. руб. - менее 16,7 млн. руб. в 5 раз больше предыдущего 0,7 млн. руб. - менее 3,3 млн. руб.



Далее, для примера пошагово рассмотрим порядок заполнения таблицы анализа критичности:

1. В поле «Проект судна» выбирается проект судна
 2. В поле «Наименование судна» выбирается наименование судна
 3. В поле «Наименование СТСиК из 1С» заносится наименование СТСиК соответствующий коду.
 4. В поле «Функция» [3] кратко, в одно предложение описывается функция СТСиК, указанного в поле «Наименование СТСиК из 1С».
 5. В поле «Вид отказа» указывается возможный (потенциальный) отказ СТСиК, указанный в поле «Наименование СТСиК из 1С».
- Для каждого объекта должны быть установлены ситуации, в которых он может перестать соответствовать критериям своей функции.
6. В поле «Описание рассматриваемого случая» описывается рассматриваемый случай, при котором происходит отказ, указанный в поле «Вид отказа». Описание должно быть достаточно полным.
 7. В поле «Вероятность возникновения отказа» выбирается диапазон вероятности, с которой с достаточной точностью может произойти отказ, указанный в поле «Вид отказа».
 8. В поле «Безопасность персонала» выбирается степень последствия отказа для человека. Последствия выбираются исходя из условий, что травма происходит непосредственно при отказе, а не при последующих процессах, например ремонте судна.
 9. В поле «Экология» выбирается уровень последствия отказа для окружающей среды.
 10. В поле «Эксплуатационные потери» выбирается временной диапазон, соответствующий времени в течение которого судно будет выведено из эксплуатации по причине отказа, указанного в поле «Вид отказа».
 11. В поле «Затраты на ремонт» выбирается финансовый диапазон, соответствующий затратам связанными с ремонтом судна из-за отказа, который указан в поле «Вид отказа».
 12. После заполнения всех полей и при выделении поля «Критичность» в ячейки «Критичность» произойдет расчет категории критичности на основе данных, указанных в полях: «Вероятность возникновения отказа», «Безопасность персонала», «Экология», «Эксплуатационные потери», «Затраты на ремонт», по формуле, рассмотренной выше:
- Анализ критичности СТСиК проводится согласно таблице 1.

Таблица 1. Анализ критичности СТСиК на примере леерного ограждения

Наименование СТСиК из 1С	Вероятность возникновения отказа	Последствия отказа				Критичность
		Безопасность персонала	Экология	Эксплуатационные потери	Затраты на ремонт	
ЛЕЕРНОЕ ОГРАЖДЕНИЕ / RAILING	Раз в год	Тяжелая травма с потерей трудоспособности (инвалидность)	Неприменимо	менее 0,2 суток	менее 0,1 млн. руб.	125

Матрица 1. Оценка критичности речного сухогрузного флота

Речной сухогрузный флот (РСФ)						
		Последствия				
Фактор	Безопасность персонала	Микротравма, не требующая оказания медицинской помощи	Микротравма, требующая оказания медицинской помощи без потери трудоспособности	Легкий несчастный случай (Легкая травма с временной потерей трудоспособности)	Тяжелый несчастный случай или групповой несчастный случай (Тяжелая травма с потерей трудоспособности (инвалидность))	Несчастный случай со смертельным исходом
	Экология	Незначительные выбросы и сбросы в пределах ПДВ и ПДС	Значительные выбросы и сбросы, но в пределах ПДВ и ПДС	Незначительное превышение выбросов и сбросов сверх ПДВ и ПДС	Значительное превышение выбросов и сбросов ПДВ и ПДС	Чрезвычайно высокое загрязнение природной среды
	Эксплуатационные потери	менее 0,3 суток	0,3 суток - менее 2 суток	2 суток - менее 9 суток	9 суток - менее 43 суток	43 суток и более
	Затраты на ремонт	менее 0,1 млн.руб.	0,1 млн.руб. – менее 0,7 млн.руб.	0,7 млн.руб. – менее 3,3 млн.руб.	3,3 млн.руб. – менее 16,7 млн.руб.	16,7 млн.руб. и более
Вероятность		1	5	25	125	625
	Раз в месяц	12	60	300	1 500	7 500
	Раз в квартал	4	20	100	500	2 500
	Раз в год	1	5	25	125	625
	Раз в 5 лет	0,2	1	5	25	125
	Раз в 30 лет	0,03	0,2	0,8	4	21

■ Категория А - недопустимый риск
■ Категория В - нежелательный риск
■ Категория С - приемлемый риск
■ Категория D - незначительный риск

Матрица 2. Оценка критичности морского сухогрузного флота

Морской сухогрузный флот (МСФ)						
		Последствия				
Фактор	Безопасность персонала	Микротравма, не требующая оказания медицинской помощи	Микротравма, требующая оказания медицинской помощи без потери трудоспособности	Легкий несчастный случай (Легкая травма с временной потерей трудоспособности)	Тяжелый несчастный случай или групповой несчастный случай (Тяжелая травма с потерей трудоспособности (инвалидность))	Несчастный случай со смертельным исходом
	Экология	Незначительные выбросы и сбросы в пределах ПДВ и ПДС	Значительные выбросы и сбросы, но в пределах ПДВ и ПДС	Незначительное превышение выбросов и сбросов сверх ПДВ и ПДС	Значительное превышение выбросов и сбросов ПДВ и ПДС	Чрезвычайно высокое загрязнение природной среды
	Эксплуатационные потери	менее 0,2 суток	0,2 суток - менее 1 суток	1 суток - менее 5 суток	5 суток - менее 23 суток	23 суток и более
	Затраты на ремонт	менее 0,1 млн.руб.	0,1 млн.руб. – менее 0,7 млн.руб.	0,7 млн.руб. – менее 3,4 млн.руб.	3,4 млн.руб. – менее 17 млн.руб.	17 млн.руб. и более
Вероятность		1	5	25	125	625
	Раз в месяц	12	60	300	1 500	7 500
	Раз в квартал	4	20	100	500	2 500
	Раз в год	1	5	25	125	625
	Раз в 5 лет	0,2	1	5	25	125
	Раз в 30 лет	0,03	0,2	0,8	4	21

■ Категория А - недопустимый риск
■ Категория В - нежелательный риск
■ Категория С - приемлемый риск
■ Категория D - незначительный риск

Статистика по отказам и техническим недостаткам ТСнК (сбор и анализ данных, поступающих с судов, создание базы данных, внедрение процесса накопления статистики, доработка судового модуля в продуктивной системе 1С с целью корректного учета технических недостатков и внедрения процесса разбора отказов и технических несоответствий с определением коренных причин, определением видов и последствий критичности отказов, выработкой мероприятий по предупреждению отказов в будущем)

Сбор информации

Для накопления статистики по отказам и техническим недостаткам разработан и внедрён инструмент под названием «ДРП» (Доска решения проблем) (Таблица 2). Информация, поступающая с судов по техническим «проблемам», заносится в ДРП техническими специалистами. Важно фиксировать не только случаи отказа СТСиК, которые привели к простоя судна, но и любые технические неисправности, которые могут вызвать отказ либо влечут за собой затраты на устранение. Информация передается в виде:

- рапортов (рисунок 1);
- телефонных звонков;
- сообщений по электронной почте;
- в виде технического недостатка в системе 1С.

Рапорт

Во время очередного обхода МО было обнаружено, что на ДГ 2 (пр.б) имеется утечка антифриза в районе 1-2 цилиндровой крышки по линии «В», так же появился посторонний звук. Из-за близкого расположения впускного воздушного коллектора к цилиндрическим крышкам, а так же минимальные расстояния между ними – понять точное место утечки не представляется возможным. Предполагаем, что причиной неисправности является прогар либо пробитие прокладки между блоком и крышкой цилиндров. Необходим срочный ремонт в г.Волжский по проходу теплохода, ориентировочно 23.04.2025 в 10:00

Рисунок 1 – Пример рапорта с судна

From: капитан
Sent: Monday, August 5, 2024 4:05 PM
To: Техническая дирекция
Cc: технический менеджер
Subject: рапорт на ремонт ДАУ

РАПОРТ.

Довожу до вашего сведения нижеследующее: 04.08.2024 года при заходе в аванпорт Городецкого гидроузла на левом ГД возникла проблема ДАУ- большой расход воздуха при пусках ГД на передний и задний ход. Судовые компрессоры длительное время находятся в постоянной работе. Для дальнейшей безопасной эксплуатации теплохода необходимо произвести ремонт и наладку системы ДАУ левой главной машины.

С уважением капитан т/х

Рисунок 2 – Пример сообщения с электронной почты

Технический недостаток 69-00000002 от 31.05.2025 8:32:49

Основное Статусы документов в OpenText Файлы

Провести и закрыть Записать Провести Создать на основании Перейти Отчеты

Номер: 69-00000002 от: 31.05.2025 8:32:49 Дата обнаружения: 31.05.2025 8:32:49 Дата устранения дефекта факт: Статус реализации:

Организация: АО "Волга-флот" Технический недостаток выявлен в процессе: Планового осмотра

Подразделение: Русич Инцидатор: Старший механик (РУСИЧ)

Вид флота: Морской Сухогрузный Флот Ответственный за реализацию мероприятия:

Время простоя судна (часов): 0 Объект ремонта: ТРУБОПРОВОДЫ И ШЛАНГИ / PIPES AND HOSES

Подлежит разбору:

Технические недостатки оборудования Документы-основания

Добавить

Отзывавший элемент	Категория технического недостатка	Описание технического недостатка	Дата начала ремонта	Место	Реактивное мероприятие по устранению проблемы
	Причина технического недостатка		Дата устранения (план)		
	Критичность технического недостатка				
ТРУБОПРОВОДЫ И ШЛАНГИ / PIPES AND HOSES	16 Разные системы	Течь топливного трубопровода ГД № 1		Стамбул	Временно установлен хомут
	Естественный износ				
	В Средняя				

Рисунок 3 – Пример технического недостатка в системе 1С

При занесении информации указывается: вид флота, место возникновения технического недостатка, судно, критичность недостатка, вид простоя (неплановый простой или НПФ) и отказавшее СТСиК, а также плановый срок выполнения мероприятий по устранению технического недостатка (реактивные) и фактическая продолжительность его устранения и остальная информация.



Таблица 2. Доска Решения Проблем, часть 1

Вид флота	Дата регистрации проблем	Наименование объекта (судно, актив, здание, ИТ система и пр.)	Проект	Место (где выявлена проблема территория, порт, СРЗ, место работника и пр.)	Место ремонта судна	Описание проблемы (описание что случилось)	ФИО и должность работника кто описал проблему	Категория критичности
МСФ	17.07.2024	СУДНО-1	Омский	Переход на СПБ	Переход на СПБ	Течь воды из под крышки цилиндра №1 ГД пр. борта	Технический менеджер	В
МСФ	17.07.2024	СУДНО-2	Омский	Переход на СПБ	Переход на СПБ	Посты управления ГД пр./лев. бортов. ГД лев. борта не происходит реверсирование, затруднен пуск обоих двигателей.	Технический менеджер	В
МСФ	19.07.2024	СУДНО-3	RSD49	Ростов на Дону	Ростов на Дону	Произошла обесточка, ДГ 1,2. Не работает панель выбора режимов генераторов	Технический менеджер	В
МСФ	18.07.2024	СУДНО-4	(Волжский) 05074-M	Трабзон	Трабзон	Необходим ремонт катков люковых закрытий трюмов 1, 2. Требуется замена двух носовых катков без реборд на левом борту. Стерты грани рельса, по которой ходят катки.	Технический менеджер	В
МСФ	18.07.2024	СУДНО-5	RSD49	Средиземное море		Неисправность левого главного двигателя, перегрев выпускной клапан 5 цилиндра.	Технический менеджер	В
РСФ	21.07.2024	СУДНО-6	507Б	ВДСК	Ульяновск	ПрГД срезаю штифт шайбы привода выпускного клапана, неисправность ДАУ ПрГД. Трещина в концевой скобе левого вкюра.	Гл. технический менеджер	В
РСФ	23.07.2024	СУДНО-7	507Б	Шелёжи	Вознесенская РЭБ флота	Не произошёл пуск ПГД и ЛГД на задний ход при подходе к причальной стенке, после реверсирования ГД запустились, но имерия не погасила, ч то привело к кавлату судна на причал с повреждением носовой части корпуса судна	Руководитель по надежности	А

Таблица 2. Доска Решения Проблем, часть 2

Вид флота	Дата регистрации проблем	Наименование объекта (судно, актив, здание, ИТ система и пр.)	Проект	Время простоя судна (сутки)	Простой/НП Ф	Гарантийный случай?	Подлежит разбо	Отказавшее оборудование
МСФ	17.07.2024	СУДНО-1	Омский	1,48	Простой	Да	RCA	Главный двигатель
МСФ	17.07.2024	СУДНО-2	Омский	0,65	НПФ	Да	RCA	Главный двигатель
МСФ	19.07.2024	СУДНО-3	RSD49	1,08	Простой	Нет	RCA	Дизель-генератор
МСФ	18.07.2024	СУДНО-4	(Волжский) 05074-M	0,91	НПФ	Нет	RCA	Крышки люковых закрытий
МСФ	18.07.2024	СУДНО-5	RSD49	0,17	НПФ	Нет	RCA	Главный двигатель
РСФ	21.07.2024	СУДНО-6	507Б	0,25	НПФ	Нет	Нет	Главный двигатель
РСФ	23.07.2024	СУДНО-7	507Б	7,115	Простой	Нет	Нет	Главный двигатель

Таблица 2. Доска Решения Проблем, часть 3

Реактивное мероприятие по устранению проблемы (одно конкретное мероприятие по решению одной конкретной проблемы)	Ответственный за реализацию мероприятия (ФИО, должность)	Срок устранения план	Срок устранения факт	Статус реализации	Время простоя судна (сутки)	Простой/НП Ф	Гарантийный случай?	Подлежит разбо
Произвести демонтаж крышки цилиндра, ревизию, замену уплотнительных прокладок, монтаж.	Технический менеджер	31.07.2024	23.07.2024	Выполнено	1,48	Простой	Да	RCA
Произвести ревизию золотников постов управления ГД пр./лев. бортов. Ремонт с последующей настройкой.	Технический менеджер	01.08.2024	23.07.2024	Выполнено	0,65	НПФ	Да	RCA
Организовать ремонт в порту РнД	Технический менеджер	20.07.2024	20.07.2024	Выполнено	1,08	Простой	Нет	RCA
Произвести замену подшипников и возможно осей катков ЛЗ. Наплавить рельсы.	Технический менеджер	27.07.2024	26.07.2024	Выполнено	0,91	НПФ	Нет	RCA
Выполнить ремонт силами экипажа.	Технический менеджер	24.07.2024	19.07.2024	Выполнено	0,17	НПФ	Нет	RCA
Ремонт распределвала (установка штатного штифта). Наладка ДАУ	Технический менеджер	24.07.2024	24.07.2024	Выполнено	0,25	НПФ	Нет	Нет
Ремонт носовой оконечности по результатам дефектации выполнить на Вознесенской РЭБ флота	Технический менеджер	05.08.2024	05.08.2024	Выполнено	7,115	Простой	Нет	Нет

На основании внесённых данных, согласно установленного алгоритма и формулам определяется необходимость проведения RCA-анализа (Root Cause Analysis – анализ первопричин). По алгоритму расследование назначается:

- категория критичности «А» - обязательное проведение расследования,



- категория критичности «В» с длительностью простоя 3 часа и более - обязательное проведение расследования,

- категория критичности «В» с длительностью простоя менее 3х часов - автоматически RCA не назначается, проведение расследования остается на усмотрение руководителей Технического Управления.

- категория критичности «С» - автоматически RCA не назначается, проведение расследования остается на усмотрение руководителей Технического Управления.

По формуле 2 для случая, когда проводим RCA, по формуле 3 для случая, когда не проводим RCA:

$$A \vee (B \& E) \rightarrow X, (2) [5]$$

$$(B \& F) \vee C \rightarrow Y, (3) [5]$$

где А = Категория критичности А;

В = Категория критичности В;

Е = Продолжительность простоя >3 часов;

Р = Продолжительность простоя <3 часов;

С = Категория критичности С;

Х = RCA проводим;

У = RCA не проводим;

∨ = логический оператор «Или»;

& = логический оператор «И».

Колонка «подлежит разбору» является конечной в процессе заполнения ДРП (таблица 2), функционально может заполняться автоматически и вручную согласно алгоритму и формул, описанных выше.

Таблица 2. Доска Решения Проблем, часть 4

Реактивное мероприятие по устранению проблемы (одно конкретное мероприятие по решению одной конкретной проблемы)	Ответственный за реализацию мероприятия (ФИО, должность)	Срок устранения план	Срок устранения факт	Статус реализации	Время простоя судна (сутки)	Простой/НПФ	Гарантийный случай?	Подлежит разбору
Произвести демонтаж крышки цилиндра, ревизию, замену уплотнительных прокладок, монтаж.	Технический менеджер	31.07.2024	23.07.2024	Выполнено	1,48	Простой	Да	RCA
Произвести ревизию золотников постов управления ГД пр./лев. бортов. Ремонт с последующей настройкой.	Технический менеджер	01.08.2024	23.07.2024	Выполнено	0,65	НПФ	Да	RCA
Организовать ремонт в порту РнД	Технический менеджер	20.07.2024	20.07.2024	Выполнено	1,08	Простой	Нет	RCA
Произвести замену подшипников и возможно осей катков ЛЗ. Наплавить рельсы.	Технический менеджер	27.07.2024	26.07.2024	Выполнено	0,91	НПФ	Нет	RCA
Выполнить ремонт силами экипажа.	Технический менеджер	24.07.2024	19.07.2024	Выполнено	0,17	НПФ	Нет	RCA
Ремонт распределителя (установка штатного штифта). Наплавка ДАУ	Технический менеджер	24.07.2024	24.07.2024	Выполнено	0,25	НПФ	Нет	Нет
Ремонт носовой оконечности по результатам дефектации выполнить на Вознесенской РЭБ флота	Технический менеджер	05.08.2024	05.08.2024	Выполнено	7,115	Простой	Нет	Нет

Поиск первопричины отказа

Для проведения расследования коренной причины отказа собираются эксперты, определённые внутренними распорядительными документами компании. В ходе анализа подтверждаются или опровергаются гипотезы о произошедшем случае, выявляются физические и коренные причины (согласно утверждённого классификатора). Подтверждение гипотез осуществляется путём изучения предоставленной информации (акты дефектации, рапорта, сервисные акты и т.д.) с параллельным опросом технических специалистов и членов экипажа.



Таблица 3. Root Cause Analysis – анализ первопричин, часть 1

№ п/п	Наименование судна	Физическая причина	Почему?	Почему?	Почему?	Почему?	Почему?	Почему?	Коренная причина
164		Неисправность аппаратных средств	Вышла из строя система управления лебедкой люковых закрытий	Не срабатывает концевой выключатель при крайнем положении крышек люковых закрытий	Нет физического контакта (нажима) на конечный выключатель крайнего положения люковых закрытий не отрегулирована	Нажимное устройство ("лыжка") концевого выключателя			ТОиР выполнен в не полном объеме
164		Неисправность аппаратных средств	Вышла из строя система управления лебедкой люковых закрытий	Неуправляемая подача напряжения на катушку контактора включения лебедки	Пониженное сопротивление изоляции в схеме управления	Наличие влаги и воды в конечных выключателях, клеммных коробках, кнопках управления лебедкой	Нарушена герметичность концевых выключателей, клеммных коробок, кнопок управления лебедкой		Низкое качество проведенного ТОиР

После определения коренных причин разрабатываются мероприятия по их недопущению в будущем, либо минимизации последствий/частоты возникновения, если невозможно полностью уйти от простоя. Каждому мероприятию назначается срок и ответственный, контроль по исполнению мероприятий осуществляется на еженедельной основе.

Таблица 3. Root Cause Analysis – анализ первопричин, часть 2

№ п/п	Наименование судна	Коренная причина	Мероприятия	Ответственный и Ф.И.О., должность	Сроки выполнения	Статус выполнения мероприятия
164		ТОиР выполнен в не полном объеме	1. На систему перемещения крышек люковых закрытий по проектам 17431 (Омский) и 05074М (Волжский) создать технологическую карту с операциями: 1. Произвести настройку срабатывания концевых выключателей перемещения люковых закрытий, периодичность 1 раз в 30 месяцев. 2. Провести испытание работоспособности люковых закрытий с проверкой срабатывания (отключения) концевых выключателей, периодичность 1 раз в 30 месяцев	Ведущий менеджер по надежности	29.11.2024	Выполнено
164		Низкое качество проведенного ТОиР	2. На систему перемещения крышек люковых закрытий по проектам 17431 (Омский) и 05074М (Волжский) создать технологическую карту с операциями: 1. Произвести герметизацию концевых выключателей, клеммных коробок, кнопок управления, периодичность 1 раз в 30 месяцев 2. Произвести проверку герметичности концевых выключателей, клеммных коробок, кнопок управления 1 раз в 6 месяцев	Ведущий менеджер по надежности	29.11.2024	Выполнено
164			3. Направить запрос на суда проекта 17431 (Омский) и 05074М (Волжский) о состоянии системы перемещения крышек люковых закрытий	Ведущий менеджер по надежности	29.11.2024	Выполнено
164			4. Разработать стандартную операционную процедуру (СОП) по приемке после ремонта системы защиты и управления лебедки люковых закрытий	Ведущий менеджер по надежности	29.11.2024	Выполнено
164			5. Разработать чек-лист с операциями из СОП для проведения проверки после ремонта системы защиты и управления лебедки люковых закрытий. В чек-листе поля обязательные к заполнению: "Дата проверки", "ФИО проверяющего", "Подпись"	Ведущий менеджер по надежности	29.11.2024	Выполнено
164			6. Направить по электронной почте на суда проекта 17431 (Омский) и 05074М (Волжский) СОП и чек-лист для применения в своей работе	Ведущий менеджер по надежности	29.11.2024	Выполнено
164			7. Направить письмо в дирекцию по персоналу о рисках, связанных с отсутствием электромеханика на судне	Ведущий менеджер по надежности	06.12.2024	Не выполнено

После проведенных RCA и дополнения информацией, ДРП анализируется на предмет определения повторяющихся простоев, по группам СТС и К, как по количеству, так и продолжительность простоев.

Формирование статистики по отказам

Отказы и технические недостатки СТС и К входящие в период статистического исследования необходимо в первую очередь разложить по типам СТСиК, требуется уточнить узел / агрегат / систему, отказ которой повлек за собой вывод судна из эксплуатации. Далее вся информация может быть аккумулирована в одном файле пример «Базовый анализ» (Таблица 4) с построением сводных таблиц, дающих ответ на вопрос – какой объект судна и на каких проектах наиболее подвержен отказам по их количеству и суммарной длительности потерянных суток эксплуатации (формула 4).

$$S = \sum S_n, \quad (4)$$

где S – суммарная длительность простоев;

S_n – суммарная длительность простоев в году

Таблица 4. Базовый анализ, часть 1

Сумма по полю		Названия столбцов					
Время простоя судна		2021	2022	2023	2024	2025	Общий итог
Названия строк							
1565		70,01	119,17	75,96			265,13
Балластная система				2,19			2,19
Балластный танк		0,25		0,23			0,48
Брашпиль				2,12			2,12
Валовая линия		3,13	2,92	42,55			48,60
Главный двигатель		4,54	89,16	3,63			97,33
Грузовой трюм		0,25	1,60	1,04			2,89
ГРЩ			0,71				0,71
Дизель-генератор		14,16	2,13	7,00			23,29

Таблица 4. Базовый анализ, часть 2

Количество по полю		Время простоя судна (сутки)					Названия столбцов	
		2021					2022 2023 2024 2025 Общий итог	
Названия строк								
1565		61	55	50			166	
Балластная система				2			2	
Балластный танк		1		1			2	
Брашпиль				1			1	
Валовая линия		2	1	2			5	
Главный двигатель		9	7	7			23	
Грузовой трюм		2	5	3			10	
ГРЩ		1					1	
Дизель-генератор		4	5	5			14	

Таким образом мы подошли к финальному шагу: совмещение результатов анализа критичности и статистики по отказам. Полученная информация из двух разных блоков накладывается по объектам ремонта в единый анализ «Свод критичного СТСиК» (таблица 5). Согласно полученных данных формируются приоритетные группы СТСиК для проведения АКОСТС и К, разработки мероприятий по повышению надёжности и предупреждению отказов в будущем.

Таблица 5. Свод критичного СТСиК

Проект	Шифр	Наименование	Критичность	Кол-во простоев	Продолжительность простоев	Приоритет
	402.01	ГЛАВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ЛБ # MAIN ENGINE PS	25	10	7,97	Да, выбранный блок
	601.01	РУЛЕВАЯ МАШИНА ПБ # STEERING GEAR	25	4	2,8	Да
	601.05	ВАЛОПРОВОД ПБ # SHAFTING	25	3	53,91	Да
	403.01	ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОР №1 # DIESEL GENERATOR No. 1	25	2	3,67	Да, выбранный блок
	602.03	ВАЛОПРОВОД # SHAFTING	25	1	5,6	Да
	402.01	ГЛАВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ЛБ # MAIN ENGINE PS	25	4	3,63	Да, выбранный блок
	403.01	ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОР №1 # DIESEL GENERATOR №1	25	4	8,46	Да, выбранный блок

Выводы и заключение

Главный вывод, который можно сделать, заключается в том что, проведенные анализы критичности СТСиК, выявление коренных причин отказов и технических недостатков корпусов судов и судовых технических систем, проведение базового анализа и анализа критичного СТСиК позволяют создать систему оценки и повышения уровня надежности СТСиК, за счёт более точных и сфокусированных мероприятий направленных на предупреждение отказов и сокращению рисков их возникновения по группам приоритетных СТСиК.



Список литературы:

1. ГОСТ Р 27.303-2021 (МЭК 60812:2018) — «Надёжность в технике. Анализ видов и последствий отказов». Стандарт устанавливает требования к документации при использовании метода FMEA (анализа видов и последствий отказов).
2. ГОСТ Р 54124-2010 Безопасность машин и оборудования. Оценка риска
3. ГОСТ Р ИСО 17359 — 2015 Контроль состояния и диагностика машин ОБЩЕЕ РУКОВОДСТВО
4. ГОСТ Р МЭК 31010-2021. Надежность в технике. Методы оценки риска : Национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 24.09.2021 N 1011-ст : введен впервые : дата введения 2022-01-01 / подготовлен Закрытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (ЗАО «НИЦ КД») – Москва : Российский институт стандартизации, 2021. — 89 с.
5. Элементы математической логики. Учебное пособие. О.Ю. Агарева, Ю.В. Селиванов. Москва, Федеральное агентство по образованию, 2008.

