***Федеральное агентство по рыболовству***

***Федеральное государственное бюджетное образовательное***

***учреждение высшего образования***

***«Астраханский государственный технический университет»***

**Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована DQS**

**по международному стандарту ISO 9001**

**Кафедра “Электрооборудование и автоматика судов”**

**Конспекты лекций по дисциплине**

**«Основы ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ судового электрооборудования и судовой автоатики»**

**Направление 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и автоматика судов»**

### Астрахань -2016

Авторы*:* к.т.н., Жарков М.В., к.т.н., доц. Турпищев Ш.А.

Конспект лекций (электронная версия для образовательного портала АГТУ) рассмотрены и одобрены кафедрой “Электроооборудование и автоматика судов”, протокол № 1 от 01.09.2016

Введение

Задача повышения эффективности технической эксплуатации морских судов является одной из наиболее актуальных. Важная роль в решении этой задачи принадлежит судовому электротехническому персоналу, так как современные суда характеризуются высокой степенью электрификации и автоматизации.

Эффективной техническая эксплуатация СЭО и ЭСА может быть только при условии их высокой эксплуатационной надёжности. Основными методами обеспечения этой надёжности являются применение высоконадёжных устройств и систем, облегчение нагрузочных режимов, поддержание и восстановление технического состояния СЭО и ЭСА путём ТО и ремонтов. В практике создания и технической эксплуатации электрооборудования в той или иной мере используются все эти методы. Однако создание высоконадёжных устройств и систем связано с повышенными экономическими затратами и, кроме того, обеспечить абсолютно безотказную работу достаточно сложных СЭО и ЭСА практически невозможно. Облегчение нагрузочных режимов элементов и систем позволяет увеличить ресурс СТС, но при этом возрастают их габаритные размеры и масса, а также снижается КПД.

Затраты на ТО и ремонт для поддержания и восстановления технического состояния СЭО и ЭСА морских судов составляют значительную часть от общих затрат на ТО и ремонт судна в целом. Для современного автоматизированного судна среднегодовая трудоёмкость ТО СЭО и ЭСА составляет 15…19 %, а трудоёмкость ремонта – примерно 15 % соответственно общей трудоёмкости ТО и общей трудоёмкости ремонта судна. В связи с этим важным резервом повышения эффективности технической эксплуатации СЭО и ЭСА является сокращение затрат на ТО и ремонт путём организации процесса технической эксплуатации на научной основе.

На морском флоте принята планово-предупредительная система ТО и ремонта. Эта система с 1967 г. реализуется в виде системы непрерывного технического обслуживания, при которой выполняется плановое регламентирование ТО или ТО с регламентированным контролем, а появляющиеся неисправности устраняются по мере их появления в процессе эксплуатации. На СРЗ выполняются те работы, которые могут быть выполнены только в заводских условиях. Объём заводских работ по ТО и ремонту при непрерывной системе существенно сократился по сравнению с практиковавшимися ранее (до конца 50-х годов) ежегодными выводами судов из эксплуатации на заводской ремонт – межремонтные периоды судов увеличивались до двух лет в 1967-1970 гг. и до четырёх 1980 г.

Вместе с тем регламентированное ТО и ТО с регламентированным контролем имеют ряд существенных недостатков, связанных с обязательным проведением в соответствии с рекомендациями нормативно-технической документации ТО или контроля технического состояния, устанавливаемыми по среднестатистическим данным, что не всегда оказывается оправданным фактическим техническим состоянием по времени выполнения и объёму работ для конкретного оборудования и систем. Это приводит к увеличению затрат времени и средств при эксплуатации СЭО и ЭСА, а также может привести к ухудшению их технического состояния в процессе вскрытия, разборки и сборки в судовых условиях. Особенно вредны преждевременные разборки электрических машин и аппаратов, при которых нарушается взаимное расположение сопряжённых деталей. В результате после сборки вновь происходит приработка сопряжённых деталей, сопровождающаяся интенсивным изнашиванием.

Научная организация процесса технической эксплуатации прежде всего предполагает:

объективную оценку и прогнозирование технического состояния, а также поиск неисправностей СЭО и ЭСА с помощью методов и средств технического диагностирования;

разработку с помощью математических методов и моделей рекомендаций по оптимальной организации процесса технической эксплуатации;

учёт функциональных возможностей человека в системе «человек – техническое средство – среда» и оптимизацию взаимодействия человека с техническим средством и окружающей средой в трудовом процессе.

При научной организации эксплуатации обеспечивается тесная взаимосвязь технического состояния СЭО и ЭСА с процессом эксплуатации. На основе объективной оценки и прогнозирования с помощью СТД технического состояния обоснованно выбираются режимы применения по назначению, а также определяются с использованием математических методов оптимальные объёмы и сроки ТО и ремонта, Это позволяет предупредить значительную часть отказов и наиболее полно реализовать ресурсы СЭО и ЭСА при минимальных затратах на ТО и ремонт. При возникновении отказов поиск неисправных элементов с помощью методов и средств технической диагностики осуществляется с минимальным временем и тем самым существенно сокращается общее время устранения отказа.

Учёт и согласование психофизиологических возможностей обслуживающего персонала при взаимодействии с современными техническими средствами в сложных условиях воздействия окружающей среды при ТИ, ТО и в процессе привития профессиональных навыков, как показывают эргономические исследования, позволяют существенно повысить эффективность технической эксплуатации СТС и профессионального обучения.

При научной организации технической эксплуатации (прежде всего при использовании методов и средств диагностирования) и решении соответствующих технических и организационных вопросов представляется возможным перейти от регламентированного ТО и ремонта, а также ТО и ремонта с регламентированным контролем состояния к перспективному виду ТО и ремонта по фактическому техническому состоянию. Обслуживание по состоянию предполагает объективную оценку и прогнозирование технического состояния в процессе эксплуатации и на их основе определение оптимальных сроков и объёмов ТО и ремонта конкретных СЭО и ЭСА. В этом случае наиболее полно могут быть использованы индивидуальные ресурсы СТС. Следует отметить, что применение ТО и ремонта по состоянию связано с дополнительными затратами на диагностирование, поэтому такой вид обслуживания целесообразно реализовывать прежде всего для наиболее ответственного СЭО и систем.

Суда, переводимые на эту систему, обеспечиваются комплектом диагностической аппаратуры. В зависимости от последствий отказа используются 3 вида обслуживания – по состоянию, регламентированное и после отказа. Принципиальной особенностью системы является предоставление большей самостоятельности судовому обслуживающему персоналу в принятии решения об объёмах и сроках ТО и ремонта СТС и о заводском ремонте судна. Это предъявляет дополнительные требования к квалификации обслуживающего персонала, к знанию основ технической эксплуатации.

Судовая электроэнергетическая система представляет собой сложную динамическую систему. Отдельные составляющие СЭЭС, судовые источники и приёмники электроэнергии, а также ЭСА могут рассматриваться как сложные подсистемы, состоящие в свою очередь из отдельных элементов. Теория эксплуатации сложных систем в настоящее время интенсивно развивается. Большой вклад в её развитие внесли советские учёные в работах, посвящённых теории эксплуатации сложных радиотехнических, авиационных и морских систем. К ним можно отнести работы С. П. Ксенза, А. М. Ярцева, В. К. Дедкова, Н. А. Северцева, В. Ю. Лавриненко, С. Н Драницына, Н. С. Смирнова, А. А. Ицковича, Л. И. Волкова, В. Ю. Барзиловича и др. Ряд вопросов теории эксплуатации нашёл своё непосредственное развитие в теориях надёжности, прогнозирования, массового обслуживания, в технической диагностике и эргономике.

**1 .ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

1. Понятия и определения

Общие задачи, содержание, систему технической эксплуатации и требования к техническому состоянию судов, судовых конструкций и технических средств на морском флоте определяет Положение о технической эксплуатации морского флота.[12]. Общие требования по технической эксплуатации СЭО, включая электрические средства автоматизации электрических установок, вспомогательных установок, вспомогательных механизмов и систем, установленного на судах Минморфлота, определяют ПТЭ СТС [14].

В соответствии с этими документами под технической эксплуатацией СЭО и ЭСА понимается совокупность мероприятий по техническому использованию, техническому обслуживанию и ремонту. Техническая эксплуатация (рис. 1) представляет собой производственную, организационную и научно-техническую деятельность судовых экипажей, береговых предприятий и организаций, обеспечивающую эффективное использование и исправное состояние СЭО и ЭСА.



Рис. 1. Структурная схема системы технической эксплуатации

*Начало эксплуатации* устанавливается в нормативно-технической документации или договорах о поставке и может исчисляться с момента отгрузки, с момента получения потребителем или с момента окончания монтажа и наладки после установки СЭО и ЭСА на судне.

*Окончание эксплуатации* определяется переходом в предельное состояние соответствующего вида, при котором предполагается окончательное прекращение применения СЭО и ЭСА на судне.

Управление технической эксплуатацией включает в себя планирование, создание организационных структур, регулирование, контроль, учёт и анализ результатов эксплуатации. Оно должно обеспечивать выполнение основных задач технической эксплуатации.

Техническое использование – использование СЭО и ЭСА по назначению с технико-экономическими показателями, предусмотренными приёмо-сдаточными документами или заданными судовладельцем. Техническое использование осуществляется судовым экипажем и заключается в контроле и учёте ТС, проверке готовности к действию, вводе и выводе из действия, обеспечении, изменении и поддержании режимов работы, сопоставлении заданных и фактических характеристик, оценке и регистрации отклонений.

Техническое обслуживание представляет собой комплекс операций или операцию по поддержанию работоспособности или исправности СЭО и ЭСА при использовании по назначению, при ожидании, хранении и транспортировании. Техническое обслуживание содержит регламентированные в конструкторской документации операции для поддержания работоспособности или исправности СЭО н ЭСА в течение срока их службы.

Под *операцией ТО* понимается законченная часть ТО составной части изделия, выполняемая на одном рабочем месте исполнителем определённой специальности. В ТО могут входить контроль технического состояния, регулирование, очистка, смазывание, выявление и устранение неисправностей, замена некоторых составных частей, изношенных или вышедших из строя, и др.

Техническое обслуживание СЭО и ЭСА осуществляется электрогруппой судна, ремонтными бригадами и береговыми подразделениями и предприятиями (БТОФ, СРЗ и др.).

Ремонт – это комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности и восстановлению ресурсов СЭО и ЭСА или их составных частей.

Под *операцией ремонта* понимается законченная часть ремонта, выполняемая на одном рабочем месте исполнителями определённой специальности. В ремонт могут входить разборка, дефектация, контроль технического состояния, восстановление деталей, сборка и др. Содержание части операций ремонта может совпадать с содержанием некоторых операций ТО. Ремонт может выполняться путём замены или восстановления отдельных деталей и блоков. Как правило, ремонт сопровождается выдачей определнных гарантий на последующий срок эксплуатации или наработку СЭО и ЭСА.

В зависимости от характера неисправностей, сложности и объёма работ, необходимых для приведения СЭО и ЭСА в исправное или работоспособное состояние, ремонт разделяют на плановый, неплановый, текущий, средний, капитальный и регламентированный, а также ремонт по техническому состоянию.

*Плановый* ремонт – это ремонт, постановка на который осуществляется в соответствии с требованиями нормативно-технической документации (постановка на неплановый ремонт осуществляется без предварительного назначения).

*Текущий* ремонт выполняется для обеспечения или восстания работоспособности и состоит в замене и (или) восстановлении отдельных частей (переборка СЭО, восстановление зазоров, регулировка, устранение мелких неисправностей электросетей, приборов, ЭСА).

*Средний* ремонт проводят для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса оборудования с заменой или восстановлением частей ограниченной номенклатуры и контролем ТС составных частей, выполняемым в объёме, установленном в нормативно-технической документации.

*Капитальный* ремонт осуществляют для восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановлению ресурса оборудования с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые.

Для СТС установлено 2 вида ремонта: текущий и капитальный.

*Регламентированный* ремонт – плановый ремонт, выполняемый с периодичностью и в объёме, установленными в эксплуатационной документации, независимо от технического состояния оборудования в момент начала ремонта.

Ремонт *по техническому состоянию* – плановый ремонт, при котором контроль технического состояния выполняется с периодичностью и объёмом, установленными в нормативно-технической документации, а объём и момент начала ремонта определяются техническим состоянием СЭО и ЭСА.

Различают следующие характерные временные режимы эксплуатации: непрерывный (Н), циклический (Ц), оперативный (ОП), общий (ОБ). Они определяются чередованием периодов ожидания (по условиям эксплуатации от объекта не требуется функционирование, он не создаёт полезного эффекта, но готов к немедленному приведению в действие) и действия (от объекта требуется функционирование).

При *непрерывном* режиме эксплуатации период действия объекта длится непрерывно, при *циклическом* определённые периоды действия и простоя чередуются с постоянной цикличностью, при *оперативном* неопределённый период простоя сменяется периодом действия заданной продолжительности, а при *общем* режиме периоды действия и простоя чередуются случайным образом.

Совокупность взаимосвязанных средств, документации ТО и ремонта, исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества СЭО и ЭСА, составляет систему ТО и ремонта.

*Показатели системы ТО и ремонта* позволяют оценить затраты, обусловленные конструкцией и техническим состоянием СЭО и ЭСА (оперативные затраты), и затраты, обусловленные организацией, технологией выполнения ТО и ремонтов, материально-техническим обеспечением, квалификацией персонала, условиями окружающей среды и т. п. Такими показателями являются средняя продолжительность ТО (ремонта), средняя трудоёмкость ТО (ремонта), средняя стоимость ТО (ремонта) и др.

Техническое обслуживание и ремонт СТС на морском транспорте проводят по планово-предупредительной системе.

**2. Технические состояния и их взаимосвязь с процессом технической эксплуатации**

Техническое состояние СЭО и ЭСА представляется совокупностью подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств СЭО и ЭСА, характеризуемой в определённый момент времени признаками, установленными технической документацией.

Начальное техническое состояние СЭО и ЭСА определяется конструктивно-производственными факторами: схемные и конструктивные решения, элементная база и материалы, качество производства.

В процессе технической эксплуатации СЭО и ЭСА подвергаются воздействию многих эксплуатационных факторов, различным образом влияющих на их техническое состояние. К таким факторам относятся условия и режимы работы (установившиеся и переходные режимы, влияние окружающей среды – температура, влажность, вибрация и др.) и воздействия обслуживающего персонала, определяемые квалификацией и стажем работы (выбор режимов эксплуатации, проведение ТО и ремонтов). Под действием эксплуатационных факторов за определённый период времени вследствие изнашивания и старения элементов происходит изменение технического состояния СЭО и ЭСА.

Многообразие и вероятностный характер воздействий конструктивно-производственных и эксплуатационных факторов приводят к тому, что не представляется возможным обеспечить выпуск объектов со строго номинальными значениями параметров (поэтому в нормативно-технической документации приводятся допускаемые предельные отклонения параметров от номинальных значений), а также оказывается различным фактическое техническое состояние объектов при одинаковой продолжительности эксплуатации или наработке.

Указанные обстоятельства обусловливают взаимосвязь процесса ТЭ с процессом изменения технического состояния СЭО и ЭСА, создают необходимость определения вида технического состояния СЭО н ЭСА путём диагностирования в процессе ТЭ.

**Виды технических состояний.** Соответствие или несоответствие качества объекта определённым техническим требованиям, установленным нормативно-технической документацией на этот объект, характеризуется видом технического состояния. Всё множество возможных технических состояний, присущих данному объекту, с помощью установленных критериев качества представляют следующими подмножествами видов технических состояний:

Ωи и Ωн и – исправное и неисправное;

Ωр и Ωн р – работоспособное и неработоспособное;

Ωф и Ωн ф – правильного функционирования и неправильного функционирования;

Ωп – предельное.

*Исправным* (исправность) называется такое состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации. *Неисправным* (неисправность) считают состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

*Работоспособное* (работоспособность) состояние – такое состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации. *Неработоспособное* состояние (неработоспособность) – состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

При состоянии *правильного функционирования* (правильное функционирование) применяемый по назначению объект в целом или его составная часть выполняют в текущий момент времени предписанные им алгоритмы функционирования со значениями параметров, соответствующими установленным требованиям. Соответственно в состоянии *неправильного функционирования* объект не выполняет предписанные алгоритмы функционирования с требуемыми значениями параметров.

*Предельным* считают состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно, либо восстановление его исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно. Переход в предельное состояние может произойти вследствие отказа или неустранимого нарушения требований безопасности, снижения эффективности эксплуатации, морального старения и других факторов. Переход СЭО и ЭСА в предельное состояние приводит к временному или окончательному прекращению применения по назначению. Переход неремонтируемого оборудования в предельное состояние в результате отказа или наступления момента, после которого дальнейшее применение ещё работоспособного оборудования оказывается недопустимым из-за опасности или вредности ТИ, означает окончательное прекращение применения по назначению. Ремонтируемый объект может переходить в предельное состояние, при котором требуется ремонт (временное прекращение применения по назначению) или предполагается окончательное прекращение применения объекта по назначению (списание).

Согласно приведённым определениям всё множество технических состояний Ω объекта может быть представлено в виде объединений пар множеств:

.

При этом понятие исправность шире, чем понятие работоспособность. Работоспособный объект может быть неисправным, но его неисправности при этом не настолько существенны, чтобы нарушать работоспособность (например, неисправности, связанные с нарушением внешнего вида). В свою очередь понятие работоспособность шире, чем понятие правильное функционирование. Так, неработоспособный объект с учётом всех режимов работы может находиться в состоянии правильного функционирования для конкретного режима работы, на который имеющиеся неисправности не оказывают влияния. Это можно записать следующим образом:

; .

Все подмножества видов технических состояний являются пересекающимися и внутри каждого вида может быть большое число технических состояний (рис. 2).

**Группы технических состояний.** Для уточнения технические состояния объекта могут быть разделены на конечное число групп, каждая из которых характеризуется определёнными общими свойствами. Обычно при проверке объекта ТС распознаётся с точностью до вида, а при поиске дефекта с точностью до группы. Технические состояния объекта можно условно разбить на характерные группы (см. рис. 2), определяемые соответствующими пересечениями подмножеств видов технических состояний:

 – группа состояний исправных работоспособных и правильного функционирования;

 – группа состояний работоспособных правильного функционирования неисправных;

 – группа состояний правильного функционирования неисправных неработоспособных;

 – группа состояний неправильного функционирования неисправных неработоспособных.

Следует ещё выделить группу предельных состояний (П), в которых применение по назначению СЭО и ЭСА недопустимо из-за устранимого или неустранимого отказа или вследствие нецелесообразности (моральное старение и т. п.) применения.

В процессе эксплуатации под воздействием эксплуатационных факторов объект будет переходить из одной группы технических состояний в другую. В зависимости от технического состояния объекта осуществляются следующие мероприятия технической эксплуатации:

исправное (И) – техническое использование;

работоспособное (Р) – техническое использование, техническое обслуживание;

правильного функционирования (Ф) – техническое использование, техническое обслуживание, ремонт;

неправильного функционирования (НФ) – техническое использование, ремонт;

предельное (П) – ремонт, списание.

Категории технических состояний. Для уточнения ТС объекта могут быть разделены также на характерные категории, каждая из которых описывается определёнными общими свойствами. Согласно [6] для СТС предусматриваются 4 категории технических состояний:

хорошее (годное) – состояние исправное работоспособное и правильного функционирования при номинальном значениии параметров ТС и отсутствии повреждений;

удовлетворительное (годное) – состояние исправное работоспособное и правильного функционирования при нахождении параметров ТС в пределах от номинального до предельно допустимого значения и наличии несущественного повреждения;

неудовлетворительное (ограниченно годное или негодное) – состояние неисправное с ограниченными работоспособностью и функционированием при нахождении параметров ТС в пределах от предельно допустимого до предельно возможного значения при наличии существенного повреждения;

отказа (негодное) – состояние неисправное неработоспособное и неправильного функционирования при нахождении параметров ТС в пределах от предельно возможного до аварийного значении и при наличии отказа.

Мероприятия ТЭ могут назначаться только в определённом соответствии с техническими состояниями объекта и в свою очередь состояния объекта возникают под действием условий, определяемых заданным мероприятием ТЭ. Под действием эксплуатационных факторов происходит снижение уровня ТС, приводящее в конечном итоге к списанию объекта. Мероприятия технической эксплуатации, такие, как ТО и ремонт, направлены соответственно на поддержание и восстановление уровня ТС. Применение объекта по назначению возможно при его исправном или работоспособном техническом состоянии, а также в определённых режимах работы и при состоянии правильного функционирования.

Полнота взаимодействия между мероприятиями ТЭ и процессом изменения технического состояния объекта, обеспечиваемая принятым видом ТО и ремонта, во многом определяет эффективность ТЭ.

**3. Условия эксплуатации и общие требования к оборудованию**

**Условия эксплуатации.** На судах СЭО и ЭСА могут подвергаться механическим воздействиям (вибрации, бортовой или килевой качке, ударным нагрузкам); воздействию влаги, соли, паров масел и топлива, содержащихся в окружающем воздухе, изменениям температуры окружающей среды в широких пределах. Кроме того, размещение электрооборудования в тесных помещениях с целью экономии места на судне затрудняет его эксплуатацию.

Вибрация корпуса судна, возникающая в результате работы гребных винтов, судовых механизмов и устройств, создаёт знакопеременные нагрузки в узлах и деталях СЭО. Такие нагрузки могут вызвать механические повреждения и ослабление электрических контактных соединений, а также увеличить погрешность измерительных приборов. В результате может существенно сократиться время безотказной работы СЭО и ЭСА (в первую очередь контактной аппаратуры, электрических машин, измерительных приборов и кабелей).

Качка и ударные нагрузки от воздействия волн на корпус судна перераспределяют усилия на рабочих поверхностях подшипников и создают осевые и радиальные перемещения роторов электрических машин, вредные для подшипников. Качка и ударные нагрузки приводят к увеличению числа отказов электрических машин, электроаппаратов, распределительных щитов и светотехнических устройств.

Повышенная влажность, наличие примесей в воздухе и изменения температуры приводят к конденсации влаги и осаждению примесей на поверхности СЭО, коррозии, снижению диэлектрической прочности электроизоляции, созданию аварийных ситуаций, связанных с пробоем изоляции, а также ускоренному износу кинематических узлов и контактных устройств.

**Требования Правил Регистра СССР.** К СЭО и ЭСА, работающим в указанных выше специфических условиях, предъявляются повышенные по сравнению с общепромышленным электрооборудованием технические требования по обеспечению их нормальной эксплуатации в судовых условиях. Такие требования сформулированы в Правилах классификации и постройки морских судов [13], разрабатываемых Регистром СССР, осуществляющим надзор за всеми видами СЭО, кроме электрооборудования хозяйственного, бытового и технологического назначения. Хозяйственное, бытовое и технологическое оборудование подлежит надзору Регистра СССР только в части подключаемых кабелей, средств защиты, изоляции и заземления. В соответствии с требованиями Правил Регистра СССР судовое электрооборудование должно безотказно работать при следующих условиях:

длительном крене судна до 15° и дифференте до 5°, а также при бортовой качке до 22,5° с периодом 7...9 с и килевой до 10° от вертикали (в аварийном режиме при длительном крене до 22,5° и дифференте до 10°);

вибрациях частотой 5...30 Гц (с амплитудой 1 мм для частот 5...8 Гц и с ускорением 5 м/с2 при частоте 8…30 Гц);

ударах с ускорением 30 м/с2 при частоте 40…80 уд/мин;

относительной влажности воздуха (75±3)% при температуре (45±2)°С и (95±3)% при температуре (25±2)°С;

температуре окружающего воздуха при неограниченном районе плавания для машинных и специальных электрических помещений 0…45°С, открытых палуб –30… + 45°С, других помещений 0…45°С, а при плавании вне тропической зоны соответственно 0…+40, -30…+40, 0…+40°С;

отклонениях в установившихся режимах от номинальных значений напряжения питания длительно –10…+6 % и кратковременно (не более 1,5 с) в пределах –30…+20 %, а частоты питающего напряжения длительно в пределах ±5 % и кратковременно (не более 5 с) в пределах ±10 %.

Для уменьшения вредного воздействия качки, вибрации и ударных нагрузок СЭО устанавливают на амортизаторах. При установке на судне электрических машин большой мощности линии их валов ориентируют параллельно диаметральной плоскости судна, проводят регулярные мероприятия по обжатию электрических соединений и периодические пуски длительно неработающих машин. Уменьшение вредного влияния влаги, примесей в воздухе и изменений температуры достигается соответствующим выбором конструктивных, токоведущих и изоляционных материалов, а также конструктивного исполнения СЭО.

Конструктивные элементы должны изготовляться из прочных трудносгораемых материалов, устойчивых к воздействию морской атмосферы и паров масла. Крепежные детали СЭО, устанавливаемого на открытой палубе и в помещениях с повышенной влажностью, должны изготовляться из коррозионно-стойких материалов или с антикоррозионным покрытием.

Токоведущие элементы СЭО должны изготовляться из меди, медных сплавов или других материалов с равноценными свойствами, за исключением элементов реостатов, короткозамкнутых обмоток двигателей, угольных щёток и т. п. Весь внутренний монтаж СЭО должен выполняться многопроволочным проводом, площадь сечения которого для устройств распределения, коммутации и т. п. должна быть не менее 1 мм2, а для систем управления, защиты и измерения – не менее 0,5 мм2. Возможность применения однопроволочных проводов, а также проводов площадью сечения менее 0,5 мм2 для электронных устройств и при передаче слабых сигналов рассматривается Регистром СССР в каждом случае специально. Температура нагрева токоведущих частей при номинальной нагрузке не должна превышать допустимой температуры нагрева изоляционных материалов.

Изоляционные материалы частей, находящихся под напряжением, должны при соответствующей диэлектрической прочности быть устойчивыми против появления токов утечки по поверхности, влаго- и маслостойкими, достаточно прочными или должны быть защищены. По нагревостойкости твёрдые диэлектрики разделяют на 7 классов:

# Класс изоляции ………………………………. У А Е В Р Н С

Максимально допустимая температура, °С … 90 105 120 130 155 180 >180

Для изоляции ответственных частей (обмотки машин, аппаратов и др.) рекомендуется применять изоляционные материалы не ниже класса Е.

Для охлаждения неизолированных частей СЭО допускается применять невоспламеняющиеся жидкости (возможность применения воспламеняющихся масел в каждом случае рассматривается Регистром СССР).

Значения нормального и минимально допустимого сопротивлений изоляции для СЭО и ЭСА должны соответствовать установленным нормам (табл. 1).

Размещение СЭО и ЭСА проводится в помещениях, которые классифицируют следующим образом:

*сухи*е (жилые, общественные, служебные, закрытые рулевые, рубки, штурманские и т. п.);

*с повышенной влажностью* (умывальные, туалетные, камбузы, аварийных дизель-генераторов, пожарных насосов и т. п.);

*влажные* (кладовые, шкиперские, запчастей и т. п., а также примыкающие к ним тамбуры и коридоры);

*особо сырые* (бани, душевые и т. п.);

*заливаемые водой* (открытые палубы);

*опасные* (помещения, в которых имеется горючая пыль взрывоопасной концентрации);

*взрывоопасные* трёх категорий: 1-я – отсеки и цистерны для воспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки паров ниже 60 °С, грузовые трюмы дли перевозки таких жидкостей и газов в специальной таре и смежные с этими отсеками помещения, не отделённые от них коффердамами и не имеющие принудительной вентиляции; 2-я – насосные отделения, компрессорные для сжиженных газов, аккумуляторные, малярные кладовые и т. п., где могут образовываться скопления воспламеняющихся газов взрывоопасной концентрации, 3-я – трюмы и помещения, где возможно образование воспламеняющейся смеси пыли или волокон с воздухом.

Таблица 1. Нормы сопротивления изоляции СЭО и ЭСА

|  |  |
| --- | --- |
| Электрооборудование | Сопротивление изоляции в нагретом состоянии, МОм |
| Нормальное не менее | Минимально допустимое |
| Электрические машиныМагнитные станции, пусковые устройстваЩиты (главные, аварийные, распределительные), пульты управления и т. п. (при отключенных внешних цепях, специальных лампах указателей заземления и др.) напряжением, В:До 100101…500Аккумуляторные батареи (при отключенных приёмниках) напряжением, В:До 2425…220Фидер кабельной сети линии напряжением, В:Освещения:До 100101…220силовой 100…500Цепи управления, сигнализации и контроля напряжением, В:До 100101…500 | 0,70,50,31,00,10,50,30,51,00,31,0 | 0,200,200,060,200,020,100,060,200,200,060,20 |

В зависимости от места расположения СЭО должна применяться соответствующая *степень защиты* электрооборудования. Предусмотрены буквенно-цифровые обозначения возможных степеней защиты СЭО. Каждое обозначение состоит из латинских букв IP и двух цифр.

Первая цифра (от 0 до 6) указывает степень защиты СЭО от попадания внутрь посторонних твёрдых тел и защиты персонала от соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями. Большая цифра в обозначении соответствует большей степени защиты (при 0 специальная защита отсутствует, а при 6 полностью предотвращено проникновение пыли внутрь СЭО).

Вторая цифра (от 0 до 8) характеризует степень защиты СЭО от попадания внутрь воды. Большая цифра в обозначении соответствует большей степени защиты (при 0 защита отсутствует, а при 8 защита обеспечивает работу СЭО в случае полного погружения в воду при данном давлении неограниченное время).

Если СЭО расположено в сухих помещениях, степень защиты должна быть не ниже: IP20 (жилые, общественные и служебные помещения); IP22 (рулевые, штурманские, радиорубки и т. п.); IP30 (каюты, салоны и т. п.); IP10 (сухие специальные электрические помещения). В помещениях с повышенной влажностью и влажных необходимо устанавливать СЭО со степенью защиты не ниже IP23 (кроме умывальных, туалетных, камбузов и т. п. помещений, в которых степень защиты СЭО должна быть не ниже IP44). В особо сырых помещениях степень защиты СЭО должна быть не ниже IP55, а в особо сырых и заливаемых водой – IP56. В затопляемых и опасных помещениях устанавливается СЭО с самой высокой степенью защиты – IP68. Во взрывоопасных помещениях 3-й категории допускается устанавливать СЭО со степенью защиты не ниже IP65, а в случае, когда появление пожароопасной пылеволокнистой смеси может возникнуть временно, – IP55. В помещениях 2-й категории взрывоопасности допускается размещать светильники, устройства сигнализации обнаружения пожара, приборы контроля управления и связи, электроприводы вентиляторов во взрывозащищённом исполнении. В помещениях 1-й категории взрывоопасности не допускается устанавливать СЭО, за исключением датчиков уровня и температуры, вибраторов эхолотов и устройств сигнализации обнаружения пожара во взрывозащищённом исполнении.

Электрооборудование необходимо размещать таким образом, чтобы был удобный доступ к органам управления и ко всем частям, требующим ТО. При установке СЭО и ЭСА в местах, где вибрации и удары более сильные, чем приведённые выше, их нормальная работа должна обеспечиваться соответствующим конструктивным исполнением СЭО и ЭСА или путём размещения на амортизаторах.

Защитное заземление должны иметь все металлические части СЭО и ЭСА, которые не находятся под напряжением, но доступны к прикосновению в эксплуатационных условиях (кроме СЭО, питаемого напряжением безопасного значения, имеющего двойную или усиленную изоляцию; изолированных металлических частей СЭО; крепёжных элементов кабелей; одиночного приёмника с напряжением до 250 В, питающегося от изолирующего трансформатора).

Стационарное СЭО должно быть заземлено неотключаемым заземлением с помощью наружных заземляющих проводников или жилы заземления в питающем кабеле (необходимо применять проводники из меди). Возможно использовать проводники из других коррозионно-стойких материалов, однако их сопротивление не должно превышать сопротивление требуемого медного проводника. Заземлять передвижные приёмники следует через заземлённое гнездо розетки или другое заземлённое контактное устройство и медную заземляющую жилу питающего кабеля. Вторичные обмотки всех измерительных трансформаторов тока и напряжения также должны быть заземлены.

К каждому конкретному виду СЭО, в том числе к судовым средствам автоматизации, Правилами Регистра СССР, кроме указанных выше общих требований, предъявляются особые дополнительные требования.

**4. Требования к техническому использованию и техническому обслуживанию**

Судовое электрооборудование и электрические средства автоматизации находятся в заведовании старшего электромеханика (или первого электромеханика, или электромеханика, или лица, заменяющего его) и подчинённой ему электрогруппы судна. Ответственность за организацию ТЭ и исправное состояние автоматизированных объектов возлагается на членов экипажа, в заведовании которых они находятся.

Обслуживание и использование СЭО и ЭСА должны осуществляться в строгом соответствии с инструкциями заводов-изготовителей, требованиями ПТЭ и действующих нормативных документов по обеспечению электробезопасности. Если инструкции заводов-изготовителей не согласуются с отдельными положениями ПТЭ, то должны выполняться требования инструкций. На основе опыта эксплуатации судовладелец имеет право заменять или дополнять отдельные положения инструкций заводов-изготовителей, но в гарантийный период эксплуатации СЭО должна осуществляться ТЭ в соответствии с инструкциями и рекомендациями поставщиков.

Техническое использование СЭО и ЭСА осуществляется судовым экипажем. Лица, использующие СЭО и ЭСА, полностью отвечают за правильность их применения по назначению, включая подготовку к действию, ввод и вывод из действия, соблюдение допустимых режимов работы. Старший электромеханик должен контролировать исправность СЭО и ЭСА путём ежедневного внешнего осмотра и при необходимости проверки в действии. Особое внимание должно обращаться на водонепроницаемость СЭО, расположенного на открытых палубах, и предотвращение попадания воды, пара и масел на СЭО в судовых помещениях. Средства автоматизации должны использоваться в полном объёме, соответствующем знаку автоматизации судна и принятой форме вахтенной службы. Отключение ЭСА и переход на ручное управление разрешаются при ТО и ремонте, а также для устранения неисправностей.

Техническое обслуживание СЭО и ЭСА выполняется электрогруппой под руководством старшего электромеханика с привлечением при необходимости лиц, ответственных за заведование СТО, и специализированных береговых организаций. Обслуживание необходимо выполнять при обесточенном СЭО, причём до начала работ по ТО следует принять меры, предотвращающие случайную подачу напряжения. До начала и после окончания работ по ТО, а также при вводе СЭО в действие после продолжительного нерабочего периода (более 1 мес.) необходимо измерить сопротивление его изоляции (см. табл. 1). Разбирать исправно действующее СЭО без необходимости не рекомендуется. Изменения схем и конструкций СЭО и ЭСА могут проводиться старшим электромехаником только с разрешения судовладельца с отражением всех изменений в отчётной технической документации. Для СЭО и ЭСА в общем случае предусматриваются ТО без разборки, ТО с частичной разборкой и ТО с полной разборкой. Типовой перечень работ, технологическая последовательность их выполнения и периодичность по каждому виду ТО определены в ПТЭ. Для СЭО и ЭСА новых видов ТИ и ТО должны выполняться в соответствии с инструкциями по эксплуатации и указаниями судовладельца.

**Требования к техническому использованию.** Обычно в процессе использования выделяют этапы подготовки к действию, ввода в действие, работы и вывода из действия.

Разрешается подготовка к действию только исправных СЭО и ЭСА при наличии исправных штатных КИП. При подготовке к действию необходимо:

провести тщательный наружный осмотр и убедиться в том, что включению и пуску ничто не препятствует (проверить соответствие положения всех управляющих органов, переключателей режиму пуска; проверить снятие стопоров, чехлов и временных закрытий, препятствующих нормальной работе);

подать смазку ко всем трущимся частям в соответствии инструкцией по эксплуатации;

в случаях, предусмотренных инструкцией по эксплуатации, провернуть машину вручную или валоповоротным устройством и убедиться в отсутствии заеданий и посторонних звуков;

после продолжительного нерабочего периода автоматизированного СЭО должна быть проверена работоспособность ЭСА, включая средства АПС и защиты.

Ввод в действие (пуск) допускается после выполнения всех операций по подготовке, предусмотренных инструкцией по эксплуатации (кроме случаев ввода в действие, связанных с предотвращением аварии судна). Ввод в действие СЭО после устранения неисправности, продолжительного нерабочего периода, ремонта и ТО с разборкой рекомендуется выполнять при возможности в режиме ручного управления, после чего переходить на режим автоматического управления.

После ввода в действие нужно проверить показания всех КИП, при необходимости отрегулировать нагрузку и параметры электроэнергии, убедиться в отсутствии ненормальных шумов, стуков и вибрации. В случае появления ненормальных шумов стуков и вибрации, а также при выходе значений контролируемых параметров за допустимые пределы СЭО и ЭСА должны быть выведены из действия для выявления и устранения причин неисправности.

Во время работы СЭО и ЭСА необходимо:

стремиться к установке режима, который при выполнении СЭО и ЭСА заданных функций обеспечивал бы их надёжность и экономичность;

осуществлять перевод с одного режима на другой плавно, не допуская резкого изменения рабочих параметров (запрещённые для длительной работы режимы должны проходить по возможности быстро);

обеспечивать поочерёдную работу дублируемых устройств (их суммарные наработки должны быть по возможности одинаковыми),

наблюдать за работой по показаниям КИП, сигналам ЛПС и путём осмотра, прослушивания и ощупывания (периодичность контроля устанавливается инструкциями по эксплуатации, а при их отсутствии – старшим или вахтенным механиком с учётом назначения СЭО и ЭСА, их надёжности и наличия АПС и защиты);

периодически сличать показания КИП на пульте дистанционного управления с показаниями КИП, установленных непосредственно на СЭО,

в случае появления при работе ненормальных шумов, стуков, вибраций и нагрева, а также при выходе значений контролируемых параметров за допустимые пределы принять немедленные меры (вплоть до вывода СЭО и ЭСА из действия) для выяснения причин и устранения неисправности;

в случае остановки или изменения режима работы вследствие срабатывания автоматической зашиты ввести в действие резервное СЭО (при наличии), причём ввод в действие остановленного допускается только после выяснения и устранения причины, вызвавшей срабатывание защиты;

при появлении неисправности ЭСА немедленно перейти на ручное регулирование (управление) и принять меры к скорейшему устранению неисправности (для отработки навыков перехода с автоматического управления на ручное должны не реже 1 раза в 3 мес. проводиться учебные тренировки),

устройства АПС и автоматической защиты отключать запрещается, кроме случаев, указанных в ПТЭ или в инструкциях по эксплуатации. При неисправности АПС и защиты за работающим СЭО должно быть установлено усиленное наблюдение, обеспечивающее безаварийную работу, и приняты меры по восстановлению его работоспособности.

Вывод из действия (остановка) СЭО н ЭСА должен осуществляться в последовательности, установленной в инструкции по эксплуатации. Экстренный вывод из действия допускается в случае угрозы человеческой жизни или аварии судна. После вывода из действия следует провести осмотр, устранить обнаруженные дефекты, подать масло в места ручной смазки, обтереть насухо наружные поверхности, при необходимости установить стопоры, ограничители и зачехлить СЭО.

При выводе из действия на короткое время необходимо принять меры по обогреву СЭО имеющимися вспомогательными средствами или путём периодического включения Неработающие электрические машины должны периодически (согласно инструкции по эксплуатации) проворачиваться так, чтобы после проворачивания вал каждый раз устанавливался в новое положение.

**Требования к техническому обслуживанию.** Обслуживание, осуществляется по ППС с использованием плана-графика ТО, в котором периодичность ТО и ремонтов, проводимых по регламенту (по расписанию), определяется на основе инструкций заводов-изготовителей, проработок научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций и опыта эксплуатации. Периодичность ТО, проводимого по результатам контроля состояния, приводится в виде максимального и минимального предела.

По результатам контроля состояния ответственным за заведование принимается решение на последующий контроль состояния или ТО и ремонт с назначением времени их проведения. Если параметры технического состояния не укладываются в установленные нормы, то СЭО может быть введено в действие только в особых случаях по согласованию с судовладельцем и при необходимости с Регистром СССР с установлением ограничений по времени и режимам использования. Содержание операций ТО определяется по ведомости типовых работ ТО и ремонта СТС.

Контрольно-измерительные приборы, применяемые при эксплуатации СЭО и ЭСА, должны проходить проверку согласно действующим положениям. При наличии неисправности или истечении срока проверки КИП запрещается использовать (прибор следует снять для проверки или ремонта, установив запасной.

Оборудование должно вскрываться и закрываться в присутствии лица, в чьём заведовании оно находится. Разборка и сборка проводятся в технологической последовательности, рекомендованной нормативно-технической документацией с помощью инструментов и приспособлений, предназначенных для этих целей. Перед разборкой следует отключить питание, снять или отсоединить все КИП и датчики, которые могут быть повреждены, провести измерения для определения зазоров и взаимного расположения деталей и сборочных единиц. Перед закрытием необходимо осмотреть внутренние полости, убедиться в исправном состоянии деталей и отсутствии посторонних предметов.

При разборке СЭО и ЭСА необходимо обращать внимание на наличие марок и меток, определяющих взаимное положение деталей. Повреждённые марки и метки следует восстанавливать, а подводящие концы кабелей (проводов) маркировать, замыкать накоротко, заземлять и изолировать. При сборке СЭО и ЭСА нужно тщательно очищать детали от загрязнений, протирать и смазывать чистым маслом трущиеся поверхности; устанавливать детали по меткам, определяющим их взаимное положение; строго соблюдать последовательность и усилия затяжки гаек соединений ответственных деталей.

**5. Судовая документация по технической эксплуатации**

Судовая документация по ТЭ включает в себя различные формуляры, журналы и ПГТО. Основными *учётными документами* являются формуляр судовой – форма ЭД-3, журнал учёта технического состояния – форма ЭД-4, машинный журнал – форма ЭД-1.1, электромеханический журнал на электроходах – форма ЭД-2. Основными *отчётными документами* являются технический отчёт судна – форма ЭД-5, рекламационный акт-донесение об отказе – форма ЭД-5.1.

План-график ТО определяет номенклатуру СЭО и ЭСА, включаемых в систему предупредительного ТО по непрерывной схеме, перечень работ по ТО каждого из них и объём каждой работы, периодичность и трудоёмкость выполнения каждой работы по ТО, распределение работ между единой технической службой судна и береговыми ремонтными предприятиями. План-график ТО является основным нормативным документом по обслуживанию СЭО и ЭСА.

Формуляр судовой состоит из трёх томов: 1-й – «Корпус, судовые устройства, технические средства механической и электрической частей»; 2-й – «Средства радиосвязи и электрорадионавигации»; 3-й – «Гребная электрическая установка». Основные параметры и технические характеристики судна, его элементов и СТС, включая СЭО и ЭСА, удостоверяются в формуляре. В нём также регистрируют изменение основных параметров и характеристик судна и изменения состава СТС.

Завод-строитель судна вносит в ФС предусмотренные таблицами ФС сведения о судне, его конструкциях и СТС, а затем передаёт 3 экземпляра заполненного ФС на судно при его приёмке судовладельцем. Судовая администрация передаёт 2 экземпляра ФС в пароходство: один хранится в техническом отделе пароходства-судовладельца, другой передаётся ЦНИИМФ как организации, ведущей паспортизацию флота. В течение гарантийного периода работы судна (или одного года с момента заполнения ФС) судовая администрация проверяет правильность характеристик СТС, записанных в ФС заводом-изготовителем судна, вносит в судовой экземпляр ФС все необходимые изменения и дополнения. Уточнения, внесённые в ФС по результатам проверки, судовая администрация включает в первый же ТОС, направляемый в пароходство после окончания корректировки судового

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АВ – автоматический выключатель

АДГ – аварийный дизель-генератор

АПС – аварийно-предупредительная сигнализация

АСУ – автоматизированная система управления

БП – блок питания

БТОФ – база технического обслуживания флота

ГРЩ – главный распределительный щит

ГСА – граф-схема алгоритма

ГТИ – генератор тактовых импульсов

ДП – диагностический параметр

ЖТС – журнал технического состояния

ЗИП – запасные части, инструменты, принадлежности и материалы

КЗ – короткое замыкание

КИП – контрольно-измерительный прибор

КПД – коэффициент полезного действия

МЖ – машинный журнал

МО – машинное отделение

МПСУ – микропроцессорная система управления

ОТК – отдел технического контроля

ПГТО – план-график технического обслуживания

ППС – планово-предупредительная система

ПТБ – Правила техники безопасности

ПТЭ – Правила технической эксплуатации

РАДО – рекламационный акт-донесение об отказе

РЩ – распределительный щит

САК – система автоматического контроля

СРЗ – судоремонтный завод

СТД – средство технического диагностирования

СТС – судовое техническое средство

СЧМ – система «человек—машина»

СЭ – судовой экипаж

СЭО – судовое электрооборудование

СЭС – судовая электростанция

СЭЭС – судовая электроэнергетическая система

СЭУ – судовая энергетическая установка

ТИ – техническое использование

ТО – техническое обслуживание

ТОС – технический отчёт судна

ТС – техническое состояние

ТЭ – техническая эксплуатация

ФС – формуляр судовой

ЦНИИМФ – Центральный научно-исследовательский институт морского флота

ЦПУ – центральный пост управления

ЭЖ – электротехнический журнал

ЭС – электрическая система

ЭСА – электрическое средство автоматизации