

ПРАВИЛА

КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ АТОМНЫХ СУДОВ И СУДОВ АТОМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

ЧАСТЬ II ПРИНЦИПЫ БЕЗОПАСНОСТИ

НД № 2-020101-169



Санкт-Петербург
2022

ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ АТОМНЫХ СУДОВ И СУДОВ АТОМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Правила классификации и постройки атомных судов и судов атомно-технологического обслуживания Российского морского регистра судоходства (РС, Регистр) утверждены в соответствии с действующим положением и вступают в силу 1 октября 2022 года.

Настоящее издание составлено на основе Правил классификации и постройки атомных судов и плавучих сооружений издания 2022 года и Правил классификации и постройки судов атомно-технологического обслуживания издания 2017 года с учетом циркулярных писем № 110-312-1-1695ц от 04.02.2022 и № 110-312-1-1702ц от 14.02.2022, изменений и дополнений, подготовленных непосредственно к моменту переиздания.

Правила устанавливают требования, являющиеся специфичными для атомных судов, судов атомно-технологического обслуживания и дополняют Правила классификации и постройки морских судов и Правила по оборудованию морских судов Российского морского регистра судоходства.

Правила состоят из следующих частей:

часть I «Классификация»;

часть II «Принципы безопасности»;

часть III «Корпус»;

часть IV «Остойчивость. Деление на отсеки»;

часть V «Противопожарная защита»;

часть VI «Атомные паропроизводящие установки»;

часть VII «Специальные системы»;

часть VIII «Электрическое оборудование и оборудование автоматизации»;

часть IX «Радиационная безопасность»;

часть X «Физическая защита».

ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ

(изменения сугубо редакционного характера в Перечень не включаются)

Для данной версии нет изменений для включения в Перечень.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Целью требований, вводимых настоящей частью Правил классификации и постройки атомных судов и судов атомно-технологического обслуживания¹, является общая безопасность атомного судна, неотъемлемой частью которой является безопасность атомной ППУ.

1.2 Определения и пояснения, относящиеся к принятым сокращениям и терминологии, представлены в части I «Классификация».

¹ В дальнейшем — настоящие Правила.

2 ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.1 Для безопасности судна и защиты окружающей среды от радиоактивных веществ должны соблюдаться следующие основные принципы.

2.1.1 Вокруг источников радиоактивности должно предусматриваться несколько последовательных барьеров для ограничения распространения ионизирующих излучений и радиоактивных веществ в окружающую среду.

2.1.2 Наряду с основными системами нормальной эксплуатации должны быть предусмотрены специальные системы безопасности, включающиеся автоматически с началом аварийной ситуации.

2.2 Защита от воздействия ионизирующих излучений должна обеспечиваться следующими средствами:

- .1** установкой надлежащей БЗ;
- .2** выделением на судне радиационных зон;
- .3** ограничением времени облучения;
- .4** предотвращением приближения персонала к источникам излучения без надобности;
- .5** действиями персонала в аварийных ситуациях в соответствии с Руководством по эксплуатации судна;
- .6** средствами индивидуальной защиты (СИЗ).

2.3 Системы управления и защиты ППУ, системы безопасности и другие комплексы технических средств, особо оговоренные в настоящих Правилах, должны удовлетворять принципу единичного отказа (см. [разд 7](#)).

2.4 Для подтверждения соответствия безопасности судна требованиям настоящих Правил в проекте должны быть проанализированы с учетом назначения судна все предусмотренные эксплуатационные и аварийные состояния с оценкой предполагаемой частоты их появления и последствий.

Эта оценка является основой для принятия проектных решений по обеспечению безопасности, исходя из того, что при меньшей частоте могут быть допущены более серьезные последствия.

2.5 Уровень требований к качеству конструкций, систем и оборудования атомного судна должен соответствовать их классификации по важности для безопасности судна.

2.6 При нормальной эксплуатации судна и ППУ все защитные барьеры от распространения радиоактивных веществ должны находиться в работоспособном состоянии. При нарушении проектных пределов безопасности любого из предусмотренных в проекте защитных барьеров или средств их защиты согласно условиям безопасной эксплуатации работа ППУ на мощности запрещается.

2.7 Мощность заднего хода пропульсивной установки атомного судна должна обеспечивать непревышение выбега судна при его торможении с полного переднего хода, оговоренного техническим заданием на проектирование судна и проверяемого на ходовых испытаниях судна.

2.8 Атомное судно, оборудованное одним реактором, должно иметь резервный источник энергии для обеспечения движения судна, расхолаживания ППУ при выходе ее из строя, обеспечения нормальных условий обитаемости, управляемости, непотопляемости, противопожарной безопасности, судовых сигналов и связи, путей эвакуации и работы шлюпочных лебедок.

Этот резервный источник энергии должен:

- .1 быть в состоянии готовности и иметь достаточную мощность для безопасной эксплуатации судна в порту и поддержания управляемости в морских условиях, соответствующих силе ветра 6 баллов по шкале Бофорта при любых нормальных условиях загрузки;
- .2 быть в состоянии готовности, когда судно находится в узкостях или районах с интенсивным судоходством;
- .3 не зависеть от ППУ;
- .4 располагаться вне реакторного отсека.

3 КЛАССЫ СОСТОЯНИЙ АТОМНОГО СУДНА И ППУ

3.1 Состояния атомного судна и ППУ, в зависимости от вероятности частоты появления возможных аварий и их последствий, подразделяются на четыре класса (КС1, КС2, КС3 и КС4) (см. [табл. 3.1](#)).

Таблица 3.1

Класс состояния	Состояние судна и ППУ	Вероятная частота	Последствия
1	2	3	4
КС1	Нормальная эксплуатация	Непрерывно или часто	Судно и ППУ находятся в нормальном эксплуатационном состоянии. Радиационная обстановка на борту в пределах нормы.
КС2	Небольшие неисправности	Не часто	Неисправности, не приводящие к существенному нарушению эксплуатации судна. Может потребоваться кратковременная остановка реактора. Возможны незначительные отклонения радиационной обстановки от нормальной, не вызывающие увеличения облучения персонала на борту судна сверх установленных норм.
КС3	Крупные повреждения	Редко	Повреждения судовых конструкций или оборудования ППУ, приводящие к опасности дальнейшей эксплуатации судна. Может потребоваться длительный вывод ППУ из действия и отсечение защитной оболочки. Возможны отклонения радиационной обстановки на судне от нормальной. Облучение персонала на борту судна не превышает установленных норм.
КС4	Тяжелые аварии	Очень редко	Тяжелые повреждения, при которых может потребоваться введение системы аварийного охлаждения или выполнение функций ЗО, но которые не приводят к неприемлемым выбросам радиоактивных веществ в окружающую среду. Радиационная обстановка на судне характеризуется значительными отклонениями от нормальной. Облучение персонала на борту судна не превышает удвоенной предельно допустимой дозы, установленной действующими Нормами радиационной безопасности для персонала.
<p>Примечание. «Непрерывно или часто» означает, что событие происходит непрерывно или может часто происходить в течение срока службы данного судна. «Не часто» означает, что событие может происходить несколько раз в течение срока службы данного судна. «Редко» означает, что событие не должно произойти в течение срока службы одного судна, но может случиться на отдельных однотипных судах в течение срока их службы. «Очень редко» означает, что событие не должно, но тем не менее может произойти в течение общего срока службы определенного числа однотипных судов.</p>			

Оценка частоты и последствий возможных аварий, отнесение каждого возможного события к определенному классу состояния должно быть обосновано и указано в Информации о безопасности ядерной силовой установки и судна, представляемой в составе проектной технической документации судна.

3.2 Последствия чрезвычайно редких событий, сопровождающихся полной утратой работоспособности всех судовых источников энергии (опрокидывание, затопление, посадка на мель с креном более 30° и др.), включая последствия запроектной аварии, настоящими Правилами не регламентируются.

4 КЛАССЫ СОСТОЯНИЯ ППУ

4.1 При проектировании ППУ должны быть предусмотрены средства обеспечения ее безопасности и надежности при регламентированном состоянии ППУ и судна, а также в зависимости от погодных и других внешних воздействий.

4.2 Для оценки состояния ППУ (включая аварийное) в зависимости от частоты и последствий событий или неисправностей и отказов оборудования, которые должны быть рассмотрены в проекте ППУ, установлены четыре класса (см. [разд. 3](#)).

4.3 КС1 — нормальное состояние, в котором ППУ может находиться в работе на любом предусмотренном режиме. При КС1 могут иметь место отказы отдельных элементов оборудования, не влияющие на безопасность работы установки и не накладывающие ограничений на ее эксплуатацию.

КС1 включает такие режимы эксплуатации ППУ, как, например:

- .1 пуск;
- .2 работа на предусмотренных уровнях мощности;
- .3 швартовые и ходовые испытания;
- .4 текущие планово-предупредительные осмотры и техническое обслуживание;
- .5 переменные режимы;
- .6 воздействие неблагоприятных погодных условий;
- .7 перегрузка сорбентов;
- .8 остановка;
- .9 нейтронно-физические и теплогидравлические измерения;
- .10 перезарядка активной зоны реактора.

4.4 КС2 — состояние, в котором ППУ находится в работе на предусмотренном режиме. При КС2 имеют место отказы оборудования или нарушение режимов его работы вследствие отдельных неисправностей или ошибок эксплуатационного персонала, накладывающие временные ограничения на работу ППУ (снижение мощности или кратковременный вывод из действия).

КС2 включает режимы эксплуатации ППУ при нечастых отказах оборудования или при запланированных мероприятиях в период следующих ненормальных условий работы:

.1 отказа или неправильной работы механизма или устройства, результатом которых является изменение параметров теплоносителя первого контура или маневренности самоходного судна, например: отключение электрогенератора, турбины, выключение конденсатора, отключение теплообменника пресной воды, прекращение подачи забортной воды, закрытие клапанов на главном паропроводе, отказ в основной электрической системе, отключение питательного насоса;

- .2 непреднамеренного запуска питательного насоса или ЦНПК;
- .3 изменения реактивности активной зоны в результате подачи холодной воды;
- .4 зависания одного (нескольких) рабочего(их) органа(ов) СУЗ или отказа привода АЗ;
- .5 срабатывания АЗ реактора;
- .6 отключения или выхода из строя ЦНПК при работающих остальных насосах;
- .7 отказа элемента управления (регуляторов турбины, питательной воды, расхода и т.п.);
- .8 незначительной течи из системы циркуляции теплоносителя первого контура;
- .9 срабатывания предохранительного клапана второго контура.

4.5 КС3 — аварийное состояние ППУ, при котором может потребоваться вывод установки из действия. КС3 включает следующие редкие аварии:

- .1 нарушение плотности системы теплоносителя первого контура, приводящее к снижению давления в системе и требующее принятия таких мер, как отсечение ЗО, подпитка первого контура и вывод реактора из действия;
- .2 прекращение принудительной циркуляции теплоносителя в первом контуре;
- .3 отказ в подаче питательной воды второго контура;
- .4 посадку судна на мель без полного нарушения отвода тепла из реактора при неповрежденном судне;
- .5 столкновение судна, сопровождающееся затоплением любых двух смежных водонепроницаемых отсеков;
- .6 пожар или взрыв на судне, не приводящий к повреждению реакторного отсека;
- .7 пожар в машинном помещении или в ЦПУ;
- .8 аварии, связанные с редкими неблагоприятными погодными условиями и природными проявлениями в планируемом районе плавания или стоянки судна, вероятность которых мала;

.9 временное обесточивание основной электрической системы.

4.6 КС4 — очень редкое тяжелое аварийное состояние ППУ, требующее ее экстренного вывода из действия. КС4 включает следующие чрезвычайно редкие аварии, при которых на судне еще могут функционировать некоторые источники энергии:

- .1 аварию с нарушением целостности оболочек (разгерметизацией) тепловыделяющих элементов, нарушением теплосъема и потерей теплоносителя первого контура;
- .2 посадку судна на мель с периодической потерей возможности отвода тепла к холодной среде;
- .3 чрезвычайно редкие тяжелые погодные условия и природные явления;
- .4 посадку судна на мель или на грунт с местным повреждением двойного дна на всю его высоту или с повреждением дна на очень большой длине;
- .5 столкновение судна, сопровождающееся пожаром и/или взрывом на борту;
- .6 разрыв главного паропровода или паропровода в пределах защитного ограждения;
- .7 затопление судна на мелкой воде (до верхней палубы);
- .8 падение вертолета в районах реакторного отсека и/или хранилищ ядерного топлива.

5 КЛАССЫ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 Системы и оборудование АЭУ подразделяются в зависимости от их важности для безопасности судна на четыре класса безопасности, соответственно которым устанавливаются проектные требования, требования к материалам, изготовлению, испытаниям и эксплуатации.

5.2 Разделение систем и оборудования по классам безопасности должно быть обосновано в проекте соответственно влиянию отказа систем и оборудования на безопасность судна, одобрено Регистром и включено в Информацию о безопасности ядерной силовой установки и судна.

5.3 Классы безопасности оборудования, механизмов, систем и устройств ППУ подразделяются в зависимости от их важности для безопасности судна на четыре класса безопасности.

Приводимое ниже распределение по классам безопасности является примерным.

5.4 Класс безопасности 1 — к нему относятся следующие элементы ППУ:

.1 реакторы, опорные конструкции активной зоны, тепловыделяющие сборки, сосуды под давлением и другие элементы первого контура, включая системы и трубопроводы, отказ которых может привести к аварийным состояниям КС3 и КС4 (см. 4.5 — 4.6).

Оборудование и трубопроводы, связанные с системой охлаждения реактора и являющиеся частью первого контура охлаждения реактора, могут не удовлетворять требованиям класса безопасности 1, если для принятого в проекте отказа оборудования или трубопроводов при нормальной работе реактора они могут быть выведены из действия и охлаждены обычным образом, восполняя утечки только системой подпитки первого контура, или если оборудование или трубопровод отключены или могут быть отключены от системы охлаждения реактора двумя клапанами. Каждый открытый клапан должен быть готов к автоматическому закрытию. Время закрытия клапана должно быть таким, чтобы в случае принятого в проекте отказа оборудования или трубопровода при нормальной работе реактора каждый клапан оставался работоспособным и реактор мог быть выведен из действия и охлажден обычным способом;

.2 ПГ и трубопроводы второго контура, включая отсечные клапаны на главном паропроводе и питательном трубопроводе;

.3 система АЗ реактора, включая приводы СУЗ и датчики системы контроля, которые выдают сигнал АЗ, а также формирующие и реализующие алгоритм управления ППУ по сигналам АЗ;

.4 ЦНПК и его трубопроводы охлаждения, включая отсечные клапаны.

5.5 Класс безопасности 2 — к нему относятся следующие элементы:

.1 элементы первого контура, не входящие в класс безопасности 1;

.2 оборудование и системы, необходимые для следующего:

отвода остаточных тепловыделений от активной зоны реактора при классах состояний КС2, КС3 и КС4;

контроля выбросов радиоактивных веществ в пределах ЗО;

подавления избыточного содержания водорода в пределах ЗО после аварии с большой течью или потерей теплоносителя первого контура;

охлаждения активной зоны реактора и/или понижения давления в нем при аварии (система отвода остаточных тепловыделений и система аварийного охлаждения активной зоны, включая аварийное обеспечение их электроэнергией, пневмогидробаллоны, цистерны теплоносителя и т.п.);

охлаждения ЗО или снижения давления в ней при аварии с потерей теплоносителя; восполнения утечек теплоносителя первого контура (система подпитки); обеспечения любых других функций, которые могут иметь подобное значение для безопасности;

.3 система управления и контроля ППУ;

.4 системы и оборудование, снабжающие электроэнергией системы контроля ППУ, управления и защиты реактора;

.5 система очистки воздуха ЗО до первого запора от оболочки;

.6 средства защиты от переопрессовки и система отвода теплоносителя первого контура от предохранительных клапанов, не отнесенные к классу безопасности 1.

5.6 Класс безопасности 3 — к нему относятся следующие элементы:

.1 любые системы безопасности ППУ или их части, не отнесенные к классам безопасности 1 и 2;

.2 вспомогательные системы, предназначенные для обеспечения систем безопасности: смазочного масла, гидравлические, охлаждения оборудования пресной и забортной водой, сжатого воздуха, топливная система аварийного источника энергии для системы аварийного охлаждения активной зоны;

.3 система охлаждения забортной водой, выполняющая функции безопасности для обеспечения основного проектного критерия Б;

.4 системы, не относящиеся непосредственно к обеспечению безопасности, но отказ которых может привести к распространению в окружающую среду радиоактивных веществ, нормально требующих выдержки для снижения радиоактивности.

5.7 Класс безопасности 4 — к нему относятся:

.1 система питательной воды и пара второго контура за вторыми отсечными клапанами, не отнесенная к классам безопасности 2 и 3;

.2 турбины, конденсаторы и турбогенераторы, не отнесенные к классам безопасности 1, 2 и 3 там, где они участвуют в расхолаживании ППУ;

.3 другое оборудование, отказ которого может непосредственно привести к классу состояния КС2.

5.8 При проектировании и изготовлении оборудования классов безопасности 1, 2 и 3 необходимо руководствоваться следующим требованиями.

5.8.1 При выборе материалов должны учитываться:

их физико-химические и механические свойства (пластичность, прочность, критическая температура хрупкости, склонность к межкристаллитной коррозии, свариваемость, радиационная стойкость и др.);

воздействующие на них силы в условиях эксплуатации (знакопеременные нагрузки, удары, вибрация, давление, температура, радиоактивное облучение, коррозионное воздействие рабочих сред и др.).

Применяемые материалы должны быть допущены Регистром.

5.8.2 Расчеты прочности должны производиться в соответствии с Правилами классификации и постройки морских судов¹ или документами, одобренными Регистром.

Конструкции и их опоры должны рассчитываться на статические и динамические нагрузки от изменения рабочих параметров и от движения судна на морском волнении.

Трубопроводы с температурой рабочей среды 120 °С и выше должны рассчитываться на статические нагрузки от давления и температур с введением коэффициентов, учитывающих динамические нагрузки от качки судна в различных условиях загрузки.

¹ В дальнейшем — Правила классификации.

5.8.3 Технология изготовления и контроль качества:

все элементы класса безопасности 1 должны быть изготовлены по одобренной технологии;

в процессе изготовления все сварные швы должны подвергаться неразрушающему контролю. Также должен производиться в необходимом объеме неразрушающий контроль для выявления поверхностных и внутренних дефектов и трещин. Данные такого контроля должны вноситься в формуляры и эксплуатационную документацию и в дальнейшем использоваться при анализе состояния оборудования при неразрушающем контроле в процессе освидетельствований в эксплуатации;

должна быть обеспечена и проверена чистота полостей и поверхностей оборудования в соответствии с одобренными стандартами.

5.9 При проектировании оборудования ППУ должны быть учтены циклические нагрузки.

Должно быть оценено влияние каждой аварии и каждого испытания для определения оставшегося безопасного срока службы оборудования первого контура в отношении циклических нагрузок.

6 ОСНОВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ КРИТЕРИИ И ФУНКЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1 Для обеспечения безопасности при всех классах состояний атомное судно должно удовлетворять следующим основным критериям:

.1 критерий А — должны быть предусмотрены средства для надлежащего экранирования источников ионизирующих излучений и сведения к минимуму возможности распространения радиоактивных веществ, чтобы облучение персонала и загрязнение окружающей среды были настолько низкими, насколько это разумно достижимо;

.2 критерий Б — должны быть предусмотрены средства надежного отвода остаточных тепловыделений от активной зоны реактора;

.3 критерий В — должны быть предусмотрены средства для безопасного управления и перевода реактора в подкритическое состояние и поддержания его в этом состоянии в течение необходимого времени.

6.2 Удовлетворение основным критериям, указанным в [6.1](#), должно обеспечиваться выполнением следующих функций безопасности:

.1 критерий А:

.1.1 поддержание приемлемой целостности оболочек топлива в активной зоне реактора как первого барьера между ядерным топливом и окружающей средой;

.1.2 поддержание целостности прочного первого контура как второго барьера;

.1.3 предотвращение непреднамеренного выброса и ограничение утечки радиоактивных веществ из ЗО как третьего барьера;

.1.4 дополнительное ограничение утечки радиоактивных веществ из защитного ограждения как четвертого барьера;

.2 критерий Б:

.2.1 отвод остаточных тепловыделений от активной зоны реактора к холодной среде;

.2.2 достаточный подвод теплоносителя к активной зоне реактора (аварийное охлаждение активной зоны);

.2.3 обеспечение энергией технических средств, выполняющих функции безопасности, указанные в [6.2.2.1](#) и [6.2.2.2](#);

.3 критерий В:

.3.1 надлежащее управление реактивностью;

.3.2 перевод реактора в подкритическое состояние без превышения установленных проектных ограничений для активной зоны;

.3.3 обеспечение энергией технических средств, выполняющих функции безопасности, указанные в [6.2.3.1](#) и [6.2.3.2](#).

6.3 Для выполнения указанных в [6.2](#) функций безопасности при классах состояний КС2, КС3 и КС4 в дополнение к системам обеспечения эксплуатации должны быть предусмотрены специальные системы безопасности, необходимость которых устанавливается в результате анализа возможных аварийных ситуаций и их последствий.

7 ПРИНЦИП ЕДИНИЧНОГО ОТКАЗА

7.1 При проектировании должно быть предусмотрено обеспечение выполнения каждой системой безопасности своих функций при любом первоначальном событии, относящемся к классам состояний КС2, КС3 и КС4, несмотря на предполагаемый единичный отказ любого элемента системы.

7.2 При анализе системы безопасности на удовлетворение принципа единичного отказа последовательно предполагается единичный отказ каждого элемента системы, при этом:

.1 анализ должен выполняться в предположении комбинации первоначального события (совместно с любыми другими отказами, являющимися прямым следствием первоначального события) и случайного отказа любого одного элемента системы безопасности.

Не требуется рассматривать возникновение одновременно двух независимых отказов и более;

.2 ошибка оператора должна рассматриваться как разновидность единичного отказа либо как первоначальное событие.

При недостаточных обоснованиях могут не рассматриваться отказы пассивных компонентов (таких как трубопроводы, сосуды, теплообменные аппараты, электрокабели), спроектированных, изготовленных и испытанных на высоком техническом уровне.

7.3 Удовлетворение принципу единичного отказа должно обеспечиваться высокой надежностью оборудования и систем и методами резервирования (поэлементного или созданием подсистем), дополняемых, если необходимо, следующими мерами:

.1 разделением элементов или подсистем переборками или расстоянием;

.2 обеспечением независимого функционирования подсистем;

.3 выполнением элементов или подсистем различными по принципу работы, конструкции и т.п.

7.4 Принцип единичного отказа применяется к системе безопасности в целом, понимаемой как весь комплекс технических средств, предназначенных для выполнения функции безопасности, а не к частям этой системы, даже если эти части (подсистемы) способны выполнять функцию системы.

7.5 Выполнение принципа единичного отказа не требуется при состояниях более редких, чем КС4, которые сопровождаются полной утратой работоспособности судовых источников энергии (опрокидывание, затопление и др.).

8 ВНЕШНИЕ УСЛОВИЯ

8.1 При проектировании атомного судна и его АЭУ должно быть рассмотрено их состояние при экстремальных условиях окружающей среды в предполагаемом районе эксплуатации (например, ураганы, цунами, лед, в условиях сейсмичности).

8.2 Силы инерции, действующие на судно на морском волнении, должны быть приняты с учетом класса безопасности оборудования. В расчетах сил инерции должна быть рассмотрена качка судна с шестью степенями свободы при спектре волнения в районе их плавания или стоянки. В общем случае может быть использован спектр волнения, основанный на статистических данных для Северной Атлантики.

8.3 Элементы и конструкции классов безопасности 1 — 4 должны быть способны выдерживать инерционные силы принятого спектра волнения в течение времени, указанного в [табл. 8.3](#).

Таблица 8.3

Класс безопасности элементов и конструкций	Время, дни
1	15000
2 и 3	1500
4, а также корпус и механизмы, не подпадающие под международные нормы и правила	150

8.4 Механизмы, обеспечивающие работу ППУ, должны сохранять работоспособность в условиях крена и дифферента в соответствии с требованиями, представленными в [табл. 8.4](#). Требования к стойкости к внешним воздействиям прочих механизмов АЭУ представлены в 2.3 части VII «Механические установки» Правил классификации.

Таблица 8.4

№ п/п	Условия	Механизмы и системы обеспечения работы ППУ
1	Длительный крен, град	30
2	Бортовая качка, град	45
3	Длительный дифферент, град	10
4	Килевая качка, град	15

Примечание. При надлежащем обосновании Регистр может согласовать снижение требований, указанных в [п. 3](#). В этом случае допущенное снижение должно быть отражено в Информации о безопасности ядерной силовой установки и судна.

8.5 При выборе расположения механизмов и оборудования ППУ необходимо предусматривать их защищенность при внутренней и внешней авариях. Механизмы и оборудование ППУ должны быть экранированы.

9 АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ППУ

9.1 Анализ возможных аварийных ситуаций ППУ атомного судна должен выполняться для классов состояний КС2 — КС4. Результаты такого анализа должны быть отражены в технических проектах ППУ и судна и представлены в Информации о безопасности ядерной силовой установки и судна.

9.2 Анализ возможных аварийных ситуаций должен быть одобрен Регистром и включать следующее:

.1 описание условий в начале аварийной ситуации, исходные данные для анализа;

.2 описание мер борьбы с аварией, указания о системах и оборудовании, вводимых в работу системами защиты ППУ, в том числе СУЗ реактора, и других мерах, предпринимаемых персоналом;

.3 сведения о методах анализа, физических и математических моделях, экспериментальных данных и программах расчета на ЭВМ;

.4 допущения и теоретические основы расчетов радиационных последствий (например, повышение удельной активности теплоносителя первого контура при нарушении целостности оболочек тепловыделяющих элементов, эффективность очистки теплоносителя, его утечки, фактор распространения радиоактивности, дозы);

.5 данные для расчета области распространения радиоактивных веществ в окружающее воздушное пространство (высота выбросов радиоактивных веществ над верхней палубой, погодные условия);

.6 описание процесса развития аварии, включая расчетное представление радиационных и других последствий;

.7 меры предотвращения отказов в системах безопасности, возникающих от одной причины;

.8 меры защиты лиц, находящихся на судне во время аварии.

9.3 Предположения о возникновении аварии и последовательности событий должны учитывать положения [разд. 6](#) и основываться на следующем.

9.3.1 Системы и средства, указанные в 3.8 части VI «Атомные паропроизводящие установки», не должны утрачивать работоспособности при единичном отказе.

9.3.2 Резервированная подсистема системы безопасности не может считаться в рабочем состоянии при единичном отказе, если Руководством по эксплуатации ядерной силовой установки допускается ее ремонт при работе реактора.

9.3.3 Защитные устройства должны автоматически включаться в действие с началом аварийной ситуации реактора. При необходимости действий оператора следует исходить из того, что в течение первых 30 мин эти действия невозможны. Действия оператора не должны препятствовать нормальной работе систем защиты. Должно быть показано, что ППУ остается в безопасном состоянии без вмешательства персонала в течение не менее 30 мин после аварии.

9.3.4 Если результаты рассматриваемого события не могут быть предсказаны достаточно определенно, при расчете возможных аварийных ситуаций должны быть приняты соответствующие коэффициенты запаса.

9.4 При оценке последствий возможных аварий также должны быть рассмотрены их долговременные последствия, которые должны быть отражены в проекте.

9.5 При анализе возможных аварий ППУ должны быть рассмотрены ситуации, возникающие как следствие аварийных случаев на судне. Несмотря на защиту против столкновений и посадки на мель, требуемую частью III «Корпус», при анализе определенных аварийных ситуаций ППУ, связанных с авариями судна, должны быть приняты следующие принципы.

9.5.1 При посадке на мель или при столкновении судно получает повреждение максимальной протяженности, принятой в 3.1 части IV «Остойчивость. Деление на отсеки».

Все оборудование, расположенное в районах проникновения повреждений, а также находящееся в затопленных помещениях, считается неработающим. Оборудование, которое специально спроектировано для работы под водой, может считаться работающим, если может быть показано, что его источники энергии останутся работоспособными.

9.5.2 Предполагается, что судно затонуло с выведенным из действия реактором и затоплено до верхней непрерывной палубы (затопление на мелкой воде). Защитное ограждение и ЗО остаются незатопленными, за исключением случая, когда предусмотрено специальное оборудование для затопления этих помещений на такой глубине. Устройства выравнивания гидростатического давления, установленные на ЗО, если они имеются, могут не работать, и судно может оставаться при углах наклона, определенных в [8.5](#).

9.5.3 При затоплении на глубокой воде должен удовлетворяться, как минимум, критерий А, указанный в [6.1.1](#).

Удержание радиоактивности должно эффективно выполняться в течение достаточно продолжительного времени, чтобы обеспечить как можно меньшее ее распространение путем сохранения, по крайней мере, одного существенного конструктивного барьера достаточной герметичности и сопротивления коррозии вокруг источников высокой радиоактивности.

9.5.4 Развитие процесса затопления во времени должно рассматриваться с учетом того, что реактор находится в заглушенном состоянии перед погружением судна.

9.5.5 Горизонтальные составляющие ударных нагрузок, являющихся следствием столкновения и посадки на мель, должны быть определены в результате анализа, и выводы должны быть приведены в проекте.

9.5.6 В соответствии с [3.2](#) должно быть рассмотрено опрокидывание судна, при этом должны быть проанализированы условия отвода тепла от активной зоны реактора опрокинувшегося судна и результаты должны быть представлены в Информации о безопасности ядерной силовой установки и судна.

9.5.7 Посадка на мель с креном, указанным в [8.5](#), должна быть проанализирована с учетом следующего:

.1 утраты возможности приема забортной воды через бортовые или донные приемные отверстия;

.2 посадки на мель в приливно-отливных водах с периодическим перерывом в подаче забортной воды;

.3 посадки судна на мель с креном выше 30°, которая должна быть рассмотрена с точки зрения возможных последствий, не регламентированных настоящими Правилами.

9.5.8 Анализ пожаров и взрывов на борту должен производиться с учетом следующего:

.1 может быть принято, что пожар возникает от одиночного источника в любом отсеке, содержащем горючие вещества;

.2 анализ должен показать, что предусмотрены соответствующая конструктивная противопожарная защита и системы обнаружения и тушения пожара, обеспечивающие достаточную защиту систем безопасности реактора;

.3 если существует возможность возгорания или взрыва в грузовых трюмах или танках, такие случаи должны быть проанализированы и результаты анализа должны подтвердить, что безопасности реактора не будет нанесен ущерб;

.4 должно быть проанализировано столкновение с последующим пожаром и/или взрывом и рассмотрено влияние длительных пожаров на РБ;

.5 если на судне предусмотрен вертолет, должны быть проанализированы последствия его падения на судно и доказано, что авария или вызванный ею пожар не нанесут ущерба безопасности судна.

9.6 Аварии ППУ должны быть классифицированы по классам состояния ППУ и обозначены как основные проектные аварии.

9.7 Должны быть проанализированы аварии оборудования, механизмов, систем и устройств ППУ, которые относятся к классам состояний КС2, КС3 и КС4. В частности, следует проанализировать следующие случаи, результаты которых необходимо представить в Информации о безопасности ядерной силовой установки и судна:

.1 вывод из активной зоны любого единичного рабочего органа или рабочих органов СУЗ, приводимых к перемещению общим приводом или имеющих общее управление с максимально возможной скоростью при любом исходном положении (холодном или горячем), в любых условиях подкритичной или критичной активной зоны реактора, независимо от его мощности;

.2 утечка теплоносителя первого контура во второй контур через возникшие неплотности трубной системы ПГ с учетом возможности отсечения линий пара и питательной воды после повышения активности во втором контуре. Расчетные значения мощности доз в машинном помещении должны быть указаны в Информации о безопасности ядерной силовой установки и судна и Руководстве по эксплуатации ППУ;

.3 зависание рабочего органа СУЗ в активной зоне в любом положении по высоте и при наихудших условиях по выгоранию ядерного топлива в активной зоне или отказ привода управляющего стержня активной зоны;

.4 непреднамеренный запуск одного ЦНПК с забросом холодной воды в реактор;

.5 подача холодной воды в реактор из систем подпитки, питательной воды или других источников с максимально возможным расходом;

.6 повышение давления в системе теплоносителя первого контура, возникающее при прекращении отвода пара;

.7 непреднамеренное уменьшение концентрации жидкого поглотителя нейтронов в теплоносителе первого контура;

.8 возможные отказы в системе управления мощностью реактора;

.9 утрата возможности отвода тепла забортной водой;

.10 аварии с потерей теплоносителя первого контура;

.11 утечки теплоносителя первого контура из хранилища для слива воды первого контура.

9.8 При анализе утраты возможности отвода тепла должно быть учтено следующее:

.1 остановка главной турбины;

.2 выход из строя ГК без использования вспомогательного конденсатора, за исключением случая, когда он находится в работе или в резерве;

.3 отказ одного питательного насоса, закрытие питательной магистрали или другой отказ в питательной магистрали второго контура;

.4 невозможность использования одного из каналов расхолаживания реактора при нахождении судна у стенки.

9.9 Аварии с потерей теплоносителя первого контура должны быть проанализированы с учетом следующего:

.1 возможности разрыва любой трубы первого контура, за исключением патрубков корпуса реактора;

.2 скорость потери теплоносителя через предполагаемую поврежденную трубу должна соответствовать двустороннему истечению, исключая случаи, когда может быть доказано, что имеется достаточное физическое ограничение смещения сломанных концов трубы или предусмотрены другие средства предотвращения двустороннего истечения;

.3 авария с потерей теплоносителя первого контура должна рассматриваться как МПА с учетом следующего:

напряжения в конструкции ЗО и систем ЗО не должны быть превышены, и предусмотренное проектом давление должно приниматься с соответствующим запасом расчетного давления;

радиационные последствия не должны превышать последствий, указанных в части IX «Радиационная безопасность»;

активная зона и ее тепловыделяющие элементы должны выдерживать термические и механические нагрузки, воздействующие на них, а возможные деформации не должны исключать отвода тепла циркулирующим теплоносителем;

функционирование цистерн отвода теплоносителя от предохранительных клапанов и цистерн снижения давления не должно нарушаться при изменении положения судна в результате воздействия ветра и моря, принятого при проектировании для классов состояний КС1 и КС2;

.4 должны быть рассмотрены следующие начальные или граничные условия при анализе аварии с потерей теплоносителя:

дна из подсистем системы аварийного охлаждения подает теплоноситель в поврежденный трубопровод, а не в корпус реактора;

вторая подсистема находится в ремонте (если проектом предусматривается обслуживание системы аварийного охлаждения активной зоны в эксплуатации);

в работающей системе может возникнуть единичный отказ;

реактор выключен и поддерживается в безопасном состоянии в течение 30 мин после начала события;

система автоматического и дистанционного управления ППУ обеспечивает оператору возможность включения систем безопасности;

протекают химические реакции (например, реакции водорода и циркония);

продолжают работать только те системы, которые специально спроектированы для работы в условиях аварии с потерей теплоносителя.

9.10 В необходимых случаях потеря пара или питательной воды второго контура после полного разрыва главного паропровода или главного питательного трубопровода должна рассматриваться как основная проектная авария. В любом случае влияние такой аварии на реактор должно быть оценено и описано в Информации о безопасности ядерной силовой установки и судна.

9.11 Должен быть рассмотрен отказ активного компонента или ошибка в управлении системой обработки радиоактивных отходов; этот отказ или ошибка не должны ухудшать функций безопасности системы при классах состояний КС3 и КС4.

9.12 Должно быть проанализировано влияние отказа любого важного элемента электрической установки на безопасность ППУ, исходя из критерия единичного отказа.

Полное прекращение нормального электроснабжения от основной электрической установки должно рассматриваться как основная проектная авария.

10 ДЕЛЕНИЕ СУДНА НА ЗОНЫ РЕЖИМОВ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

10.1 В зависимости от имеющейся или потенциальной радиационной опасности атомное судно должно быть разделено на контролируруемую, наблюдаемую и свободную зоны. Границы зон могут устанавливаться как конструктивными, так и административными мероприятиями.

10.2 Требования к помещениям контролируемой зоны атомного судна изложены в разд. 2 части IX «Радиационная безопасность».

Российский морской регистр судоходства

**Правила классификации и постройки атомных судов
и судов атомно-технологического обслуживания**

Часть II

Принципы безопасности

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»
191186, Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 8

www.rs-class.org/ru/