

ПРАВИЛА

КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ АТОМНЫХ СУДОВ И СУДОВ АТОМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

ЧАСТЬ VI

АТОМНЫЕ ПАРПРОИЗВОДЯЩИЕ УСТАНОВКИ

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 Настоящая часть устанавливает требования к судовым двухконтурным атомным ППУ с водоводяными ядерными реакторами. Требования к судовым ППУ с реакторами других типов устанавливаются Регистром особо.

1.2 Требования настоящей части могут быть распространены Регистром в соответствии с действующим положением и на оборудование, не указанное в [2.3](#).

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

2 ОБЪЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

2.1 ППУ и ее оборудование подлежат техническому наблюдению Регистра на стадиях проектирования, изготовления и испытаний, а также на стадиях постройки и испытаний, в процессе эксплуатации и ремонта судна.

2.2 Объем, периодичность проводимых Регистром освидетельствований и порядок выдачи документов Регистра изложены в части I «Классификация» Правил классификации и постройки морских судов¹, Правил классификационных освидетельствований судов в эксплуатации², Правилах классификации и постройки атомных судов и судов атомно-технологического обслуживания³, а также в Руководстве по техническому наблюдению за судами в эксплуатации⁴.

2.3 Техническому наблюдению Регистра подлежат следующие механизмы, оборудование и системы ППУ:

.1 реакторы (корпуса, крышки с деталями их крепления, узлы крепления трубопроводов, внутренние выемные и невыемные части, предохранительные устройства и клапаны, опорные конструкции);

.2 активные зоны (тепловыделяющие элементы, выгорающие поглотители, вытеснители, рабочие и постоянные источники нейтронов и их сборки);

.3 средства управления, контроля и гашения цепной реакции (стержни, гильзы, приводы и исполнительные механизмы, ионизационные камеры с подвесками, термпары и термометры сопротивления, уровнемеры);

.4 механизмы (насосы, компрессоры, вентиляторы);

.5 предохранительные клапаны и устройства, арматура оборудования, механизмов и систем;

.6 сосуды и аппараты под давлением (баки МВЗ, ПГ, компенсаторы давления, гидрокамеры, ионообменные и электромагнитные фильтры, теплообменники и холодильники, дренажные емкости, газо- и воздухохранители, пневмогидробаллоны);

.7 системы:

циркуляции теплоносителя первого контура;

очистки теплоносителя первого контура;

подпитки теплоносителя первого контура;

отвода остаточных тепловыделений;

аварийного охлаждения активной зоны;

отбора проб теплоносителя первого контура;

воздухоудаления;

дренажа, хранения и выдачи вод первого контура;

компенсации изменения давления;

ГВД;

теплоносителя второго контура (от ПГ до второго запора);

охлаждения оборудования и защиты пресной водой;

охлаждения оборудования забортной водой;

вентиляции помещений ППУ и КЗ;

хранения, выгрузки и перегрузки сорбентов;

отвода гремучей смеси и контроля содержания водорода;

рабочей воды автоматики и управления арматурой;

¹ В дальнейшем — Правила классификации.

² В дальнейшем — ПКЭСЭ.

³ В дальнейшем — настоящие Правила.

⁴ В дальнейшем — РТЭСЭ.

- .8 системы и средства управления и защиты ЯР;
- .9 системы и средства контроля и сигнализации ЯР;
- .10 системы и средства управления, защиты, контроля и сигнализации систем и устройств ППУ;
- .11 технические средства освидетельствования оборудования;
- .12 технические средства обеспечения перегрузки и ремонта механизмов ППУ;
- .13 ПГБ.

3 ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

3.1 При наличии на судне двух ППУ каждая из них должна быть автономной и обеспечивать работу АЭУ вне зависимости от состояния другой ППУ.

3.2 Крепление оборудования ППУ должно обеспечивать удержание его на месте при любом изменении положения судна в пространстве вплоть до опрокидывания.

3.3 Элементы и системы классов безопасности 1 и 2 должны располагаться в пределах конструктивной защиты от столкновения.

3.4 Для системы аварийного охлаждения активной зоны, системы отвода остаточных тепловыделений и системы защиты реактора должна быть обеспечена возможность испытания способности их выполнять свои функции. Испытания в процессе работы реактора должны проводиться без перерыва в обеспечении функций безопасности и без нарушения работы системы.

3.5 Соответственно классу безопасности жидкостные и газовые системы и сосуды под давлением должны быть обеспечены средствами для обеспечения следующих технических нужд:

.1 заполнения систем и сосудов после первоначальной установки, модернизации или ремонтов;

.2 первоначального испытания давлением;

.3 защиты от переопрессовки;

.4 периодических осмотров и испытаний давлением;

.5 отсечения системы;

.6 выполнения программы освидетельствования;

.7 контроля термодинамических параметров.

3.6 Автоматически управляемые системы, важные для работы и безопасности ППУ, должны быть также снабжены ручным местным или дистанционным управлением.

3.7 Должно быть предусмотрено автоматическое включение в работу систем безопасности реактора с началом всех событий, требующих их быстрого действия.

Автоматически включаемые системы должны быть способны поддерживать РУ в безопасном состоянии по крайней мере в течение 30 мин без помощи оператора.

Допускается управление системами безопасности оператором при условии, что любая ошибка оператора не влияет отрицательно на работу этих систем и не препятствует срабатыванию защит.

3.8 Все системы безопасности должны удовлетворять принципу единичного отказа. К таким системам относятся:

.1 система автоматического и дистанционного управления, защиты, контроля и сигнализации ППУ (в отношении функций безопасности);

.2 система отвода остаточных тепловыделений;

.3 система аварийного охлаждения активной зоны;

.4 средства отсечения ЗО;

.5 система предотвращения повышения давления в первом контуре;

.6 система снижения давления в ЗО.

3.9 Время ввода в действие резервного оборудования должно исключать возможность аварийной ситуации в установке.

Обоснование достаточности принятого резервирования должно быть дано в техническом проекте ППУ.

3.10 Крепление систем и трубопроводов ППУ должно быть надежным при всех нормальных и аварийных условиях. В необходимых случаях конструкция креплений трубопроводов должна допускать их тепловое расширение. Трубопроводы и системы должны размещаться от поверхности крепления на расстоянии, обеспечивающем обслуживание и ремонт систем.

3.11 Должна быть предусмотрена возможность работы ППУ на пониженной мощности при отключении части ПГ или парогенерирующих секций, насосов и другого оборудования ППУ, а также части насосов, теплообменных аппаратов и другого оборудования ПТУ.

3.12 Должна быть обеспечена надежная циркуляция теплоносителя первого контура, обеспечивающая расхолаживание реактора с любого предусмотренного условиями эксплуатации уровня мощности.

3.13 Оборудование ППУ должно отвечать требованиям к обеспечению чистоты его полостей и поверхностей, одобренным Регистром. Чистота деталей, узлов и изделий ППУ должна быть обеспечена перед сборкой, в процессе сборки и заводских испытаний, при монтаже его на судне, испытаниях и эксплуатации.

3.14 Должно быть предусмотрено оборудование для поддержания требуемой чистоты и качества теплоносителя в процессе эксплуатации ППУ в соответствии с нормами, предусмотренными в проекте.

3.15 Возможность замены фильтрующих элементов или веществ в фильтрах с радиоактивными рабочими жидкостями должна быть обеспечена надежным отключением фильтров сдвоенной арматурой от находящейся под рабочим давлением системы.

3.16 На судне должно быть предусмотрено оборудование для приготовления воды для ППУ. Качество воды должно отвечать нормам, предусмотренным для данной ППУ.

3.17 Должно быть предусмотрено оборудование для поддержания заданного давления в первом контуре и его подпитки, а также другое вспомогательное оборудование, обеспечивающее безопасную нормальную работу ППУ во всех эксплуатационных режимах.

3.18 Должны быть предусмотрены надежные средства постоянного контроля герметичности трубных систем каждого из ПГ и надежные средства отключения ПГ или парогенерирующих секций по пару и питательной воде.

3.19 Оборудование ППУ должно быть вибростойким в соответствии с нормами, одобренными Регистром.

3.20 Номенклатура и количество запасных частей для механизмов и оборудования ППУ определяется техническими условиями на их поставку или спецификациями завода-поставщика, одобренными Регистром.

3.21 Перечень и обоснование выбора аварийных параметров установки, при которых производится остановка реактора, должны быть приведены в проекте ППУ.

3.22 Системы и устройства с возможным образованием опасных концентраций гремучей смеси должны быть оборудованы надежной системой ее отвода или средствами снижения концентрации.

3.23 Нормативные документы по сварке конструкций и оборудования ППУ и контролю качества сварных соединений должны быть одобрены Регистром.

3.24 Оборудование ППУ, подлежащее техническому наблюдению Регистра, после окончания его изготовления, сборки, регулировки и обкатки до установки на судно должно быть испытано на стенде предприятия (изготовителя) под нагрузкой по программам, одобренным Регистром.

3.25 Головные образцы оборудования должны испытываться по программам, обеспечивающим проверку надежности, длительной работоспособности и соответствия условиям работы.

3.26 Оборудование ППУ и ППУ в целом после установки на судно должны быть испытаны по программам, одобренным Регистром, на швартовных и ходовых испытаниях.

4 ПОМЕЩЕНИЕ ППУ

4.1 Помещение ППУ должно быть расположено таким образом, чтобы сводилась к минимуму вероятность повреждения ППУ при столкновении атомного судна с другим судном или при посадке на мель.

Рекомендуется располагать ППУ в средней части судна.

Поперечное расстояние от наружной обшивки до защитного ограждения ППУ указано в 2.3.4 части III «Корпус», а высота двойного дна в районе реакторного отсека — в 2.1.5 части III «Корпус».

4.2 ППУ и ее компоненты, содержащие радиоактивные вещества, должны быть заключены в ЗО (см. также 2.2 части III «Корпус»).

4.3 Проходки трубопроводов и электрических кабелей через ЗО должны быть сведены к минимуму. Эти проходки должны быть выполнены таким образом, чтобы выдерживать условия, возникающие в ЗО при классах состояний КС1 — КС4.

Расположение и конструкция проходок должны обеспечивать возможность их освидетельствований и локальных испытаний на герметичность.

4.4 Трубопроводы, проходящие ЗО атомного судна должны быть оборудованы двойными отсечными клапанами. Клапаны должны быть расположены к ЗО настолько близко, насколько возможно. Они должны автоматически отсекают ЗО, а также иметь дистанционное управление. Средства отсечения ЗО как система безопасности должны отвечать критерию единичного отказа.

4.5 На ЗО должны быть предусмотрены устройства для автоматического выравнивания внешнего и внутреннего давления при затоплении судна. Конструкция таких устройств должна быть одобрена Регистром.

4.6 Должны быть предусмотрены технические средства для периодических проверок и испытаний ЗО в эксплуатации на герметичность для определения интегральной утечки.

4.7 В дополнение к люку для перегрузки топлива должен быть предусмотрен шлюз для доступа персонала к оборудованию в ЗО. Этот шлюз должен сохранять газоплотность ЗО при классах состояний КС1 — КС4.

В ЗО должен быть также предусмотрен лаз для аварийного выхода.

5 АКТИВНАЯ ЗОНА

5.1 Активная зона должна обеспечивать непрерывную надежную работу реактора на любых предусмотренных эксплуатационных и переходных режимах, а также работу с остановками при числе пусков не менее допустимого для реактора за расчетную кампанию активной зоны.

5.2 Состав и конструкция активной зоны должны исключать возможность неконтролируемого разгона реактора и ядерной аварии при всех эксплуатационных и аварийных состояниях установки и судна.

5.3 Конструкция активной зоны должна обеспечивать надежное перемещение всех устройств, необходимых для обеспечения работы активной зоны на любых разрешенных проектантом установки уровнях мощности при пусках и остановках реактора.

5.4 При проектировании активной зоны должны быть установлены и обоснованы допустимые пределы повреждений элементов активной зоны.

Конструкция активной зоны должна исключать выход радиоактивных веществ выше установленных пределов из элементов активной зоны при изготовлении, испытаниях, хранении и эксплуатации в реакторе до полной выработки энергоресурса.

5.5 Конструкция тепловыделяющих сборок, а также элементов управления и защиты активной зоны должна учитывать такие факторы, как свойства материалов, влияние облучения, физические и химические процессы, статические и динамические нагрузки при всех классах состояния установки, влияние качки судна, допуски при изготовлении и неопределенности в расчетах, влияние отложений на тепловыделяющих поверхностях на эффективность теплоотвода.

5.6 Должны быть обеспечены конструкция, форма и размеры активной зоны и ее элементов, позволяющие осуществлять их эффективное охлаждение при классах состояний КС1 — КС4.

5.7 Должны быть предусмотрены соответствующие запасы на ненормальные условия по расходу теплоносителя вследствие прекращения энергоснабжения циркуляционных насосов или других причин.

5.8 Должны быть предусмотрены средства постоянного контроля радиоактивности теплоносителя первого контура с целью обнаружения повреждения элементов активной зоны.

5.9 При определении тепловых нагрузок активной зоны должны учитываться неточности в расчетах. Тепловые запасы должны выбираться в качестве эксплуатационного ограничения. Расчеты теплопередачи при предельных переходных процессах должны подтверждаться экспериментальными данными.

5.10 Должны быть представлены расчеты распределения потока теплоносителя через тепловыделяющие сборки. В расчетах должно быть учтено изменение потока теплоносителя и изменение теплопередачи под влиянием качки судна. Коэффициенты запаса, заложенные в расчетах, должны учитывать неточность подобных расчетов.

5.11 Должны быть представлены расчеты и/или данные испытаний, подтверждающие отсутствие или допустимость вибрации активной зоны и ее опор, вызванной гидравлическими потоками теплоносителя.

6 РЕАКТОР

6.1 Реактор должен надежно и стабильно работать при предусмотренных проектом условиях эксплуатации на всех проектных нагрузках.

6.2 Скорость повышения и снижения нагрузки реактора должна обеспечивать достаточную маневренность судна с использованием атомной энергии для обеспечения его движения.

6.3 Конструкция реактора и исполнительных органов управления, регулирования и защиты должна исключать непреднамеренное изменение реактивности при качке, крене, опрокидывании, вибрации, ударах и иных предусмотренных динамических нагрузках.

6.4 Реактор должен обладать способностью перевода его в подкритическое состояние при любом положении судна в пространстве, включая его опрокидывание, и с любого уровня мощности.

6.5 Конструкция реактора должна исключать возможность свободного слива теплоносителя из него: все патрубки на корпусе реактора должны быть размещены выше верхнего среза активной зоны.

6.6 Реактор должен отвечать действующим техническим требованиям по обеспечению ядерной безопасности судовых реакторов, согласованным с Регистром.

6.7 Конструкция реактора должна обеспечивать возможность безопасной перегрузки активной зоны.

6.8 Конструкция реактора должна обеспечивать возможность внутреннего освидетельствования визуальными и средствами дистанционного или неразрушающего контроля.

7 СИСТЕМА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА

7.1 Оборудование, трубопроводы и арматура, составляющие систему теплоносителя первого контура, должны полностью отвечать требованиям, предъявляемым к оборудованию классов безопасности 1 и 2.

7.2 Должны быть предусмотрены средства обнаружения утечек теплоносителя первого контура.

7.3 Первый контур должен быть спроектирован с достаточным запасом прочности, чтобы в напряженном состоянии при эксплуатации, обслуживании, испытаниях и принятых в проекте аварийных условиях стенки сохраняли пластичность. Запас прочности должен учитывать влияние рабочих температур на стенки и влияние радиации на свойства материалов, а также других факторов, действующих при этих условиях.

7.4 При выборе материалов и методов изготовления должно учитываться следующее:

- .1 совместимость с рабочими средами;
- .2 коррозионное и эрозионное воздействие теплоносителя, промывочных и дезактивационных сред;
- .3 образование элементов с большим периодом полураспада;
- .4 влияние нейтронного облучения на свойства материалов.

7.5 Первый контур должен быть оборудован автоматическими средствами, исключающими его переопрессовку, выбор которых обосновывается в проекте ППУ. При установке предохранительных клапанов или устройств их должно быть не менее двух. Сброс среды от таких клапанов или устройств должен осуществляться в емкость, защита которой от переопрессовки определяется по согласованию с Регистром.

7.5.1 Пропускная способность предохранительных клапанов должна быть такой, чтобы повышение давления более чем на 10 % по сравнению с расчетным было невозможно при всех основных проектных авариях, если один из клапанов не срабатывает.

7.5.2 Применение разрывающихся мембран вместо клапанов не допускается.

7.5.3 Применение отключающих устройств срабатывания предохранительных клапанов на открытие и закрытие не допускается:

- .1 если не предусмотрена надежная блокировка, автоматически открывающая дополнительное разгрузочное устройство соответствующей пропускной способности;
- .2 если в системе защиты ЯР не предусмотрена его остановка по сигналу превышения давления.

7.5.4 Предохранительные клапаны могут быть заменены другими эквивалентными средствами, при следующих условиях:

- .1 такие средства имеют по крайней мере равную с предохранительными клапанами надежность;
- .2 риск количественно не увеличивается;
- .3 первый контур сохраняет целостность при классах состояний КС1–КС4, и максимальные напряжения в корпусе реактора и всего первого контура ограничены, т.е. возможные напряжения не превысят допустимых напряжений, обусловленных запасом прочности;
- .4 учтено влияние тех классов состояний, которые включают в себя потерю охлаждения в окружающую среду (четвертый контур);
- .5 доказано, что критерии А, Б и В, указанные в части II «Принципы безопасности», выполняются;
- .6 подобная замена одобрена Регистром.

7.5.5 Доказательства того, что требования [7.5.4.1 — 7.5.4.5](#) выполняются, должны быть представлены в Информации о безопасности ядерной силовой установки и судна.

8 СИСТЕМА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ВТОРОГО КОНТУРА

8.1 Кроме положений, указанных в настоящих Правилах, система теплоносителя второго контура должна отвечать требованиям части VIII «Системы и трубопроводы» Правил классификации.

8.2 ПГ с трубопроводами и арматурой до второго отсечного запорного органа включительно должны соответствовать тем же нормам проектирования и степени надежности, что и оборудование первого контура.

8.3 ПГ с арматурой, находящейся под внутренним давлением, должны подвергаться испытаниям согласно табл. 1.3.1 Руководства по техническому наблюдению за атомными судами, атомными плавучими сооружениями и судами атомно-технологического обслуживания в эксплуатации.

8.4 На каждый реактор должно быть предусмотрено не менее двух ПГ или один ПГ с двумя отдельными отключаемыми секциями.

8.5 Паропроводы второго контура и трубопроводы питательной воды должны иметь по два отсечных запорных устройства с дренажем между ними в защищенную емкость в пределах КЗ. Запорные устройства должны устанавливаться по возможности ближе к ПГ. По крайней мере одно из запорных устройств на трубопроводах пара и питательной воды должно иметь дистанционное и местное ручное управление; другие могут иметь только местное ручное управление. На трубопроводах пара и питательной воды рекомендуется иметь по одному из запорных устройств с автоматическим управлением, действующим от сигнала нарушения герметичности трубной системы ПГ.

8.6 Должна быть обеспечена возможность промывки ПГ.

8.7 При многосекционных ПГ должна быть обеспечена возможность выявления и отключения неплотных секций.

8.8 Должны быть предусмотрены средства защиты системы теплоносителя второго контура от переопрессовки.

8.9 Каждый ПГ (или группа парогенерирующих устройств, соединенных таким образом, что они не могут быть отсечены друг от друга), если не рассчитан на давление первого контура, должен иметь по крайней мере два предохранительных клапана, расположенных до первого по потоку отсечного клапана. Предохранительные клапаны, насколько применимо, должны отвечать требованиям части X «Котлы, теплообменные аппараты и сосуды под давлением» Правил классификации.

8.9.1 Пропускная способность предохранительных клапанов должна быть такой, чтобы повышение давления более чем на 10 % по сравнению с расчетным было невозможно при всех основных проектных авариях, если по крайней мере один из клапанов не срабатывает.

8.9.2 Если утечки теплоносителя из первого во второй контур могут привести к срабатыванию предохранительных клапанов второго контура, сброс через эти клапаны должен осуществляться в емкость, расположенную в пределах ЗО или защитного ограждения.

9 ОТВОД ОСТАТОЧНЫХ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ ИЗ РЕАКТОРА

9.1 В проекте атомного судна должно быть предусмотрено оборудование, обеспечивающее отвод остаточных тепловыделений активной зоны в период нормального или аварийного вывода реактора из действия, а также при перегрузке активной зоны и ремонтных работах.

В проекте судна атомно-технологического обслуживания¹ должно быть предусмотрено оборудование, обеспечивающее отвод остаточных тепловыделений от баков выдержки и емкостей хранения ОТВС.

Система отвода остаточных тепловыделений должна удовлетворять критерию единичного отказа.

9.2 Система отвода остаточных тепловыделений должна функционировать во время и после всех судовых аварий, за исключением:

- .1 опрокидывания судна;
- .2 затопления на такой глубине, когда может быть доказано, что отвод тепловыделений может осуществляться затоплением ЗО.

9.3 Система отвода остаточных тепловыделений должна непрерывно работать в течение времени, определенного при анализе эксплуатационных и аварийных ситуаций.

9.4 Система отвода остаточных тепловыделений активной зоны должна быть достаточной производительности, надежности и иметь резерв:

- .1 чтобы при КС1 и КС2 охлаждение активной зоны обеспечивало целостность оболочек тепловыделяющих элементов;
- .2 чтобы при КС3 и КС4 обеспечивалось охлаждение активной зоны, а повреждения оболочек тепловыделяющих элементов не приводили к превышению предельных норм облучения персонала и загрязнения окружающей среды.

¹ В дальнейшем — судно АТО.

10 АВАРИЙНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ АКТИВНОЙ ЗОНЫ

10.1 Система аварийного охлаждения активной зоны является системой безопасности.

10.1.1 Она должна удовлетворять критерию единичного отказа.

10.1.2 Система должна поддерживать, насколько это достижимо, целостность тепловыделяющих элементов вслед за максимальной проектной аварией с последующей остановкой реактора. Средства подачи охладителя активной зоны должны надежно функционировать до тех пор, пока средства отвода остаточных тепловыделений не окажутся способными удалять остающиеся длительные тепловыделения активной зоны.

10.1.3 Если для аварийного охлаждения активной зоны применяются пневмогидробаллоны, они должны быть оборудованы предохранительными клапанами, указателями давления газа и уровня воды. Должны быть предусмотрены источники для поддержания газовой подушки в таких сосудах.

10.1.4 Все выключатели системы аварийного охлаждения активной зоны, за исключением основного, должны быть механически заблокированы в положении, необходимом для работы системы.

10.1.5 Должно быть обеспечено управление системами аварийного охлаждения активной зоны из ЦПУ.

10.1.6 Механизмы, устройства и арматура систем аварийного охлаждения активной зоны должны быть доступны для испытаний и проверок их работоспособности.

10.2 В ППУ с несколькими реакторами должно быть полное разделение систем аварийного охлаждения, если в проекте не показано, что использование отдельных их узлов на различных реакторах не приводит к ухудшению способности этой системы выполнять свои функции.

11 СИСТЕМЫ И ТРУБОПРОВОДЫ ППУ

11.1 Системы и трубопроводы ППУ классов безопасности 1 и 2, должны отвечать следующим требованиям:

.1 расчеты прочности систем и трубопроводов должны быть выполнены в соответствии с их классом безопасности по методикам, одобренным Регистром;

.2 расчетное давление и температура должны выбираться на основе анализа режимов работы ППУ;

.3 материалы труб и арматуры должны быть легкосвариваемыми, коррозионно- и эрозионно-стойкими, не обладать склонностью к межкристаллитной коррозии, сохранять в максимально возможной степени прочностные и пластические свойства под воздействием радиоактивных излучений в течение времени работы на судне и допускать дезактивацию;

.4 трубопроводы систем должны изготавливаться из бесшовных труб;

.5 соединения трубопроводов, расположенных в ЗО и выходящих за ее пределы до второго отсечного клапана включительно, должны быть сварными;

.6 конструкция, сварка и контроль сварных швов трубопроводов, а также сварные соединения патрубков должны выполняться в соответствии с положениями по сварке и правилами контроля сварных швов, одобренными Регистром;

.7 если в трубопровод, содержащий радиоактивную среду, требуется подвод нерадиоактивной среды, то на трубе ее подвода должны быть установлены невозвратный и запорный клапаны;

.8 арматура систем должна быть с патрубками под приварку и, как правило, с сильфонным уплотнением;

.9 теплоизоляция должна быть выполнена с учетом возможности дезактивации трубопроводов;

.10 материалы и конструкция теплоизоляции должны быть одобрены Регистром, теплоизоляция должна быть изготовлена из негорючих материалов;

.11 трубы и арматура после окончательной обработки в цехе и монтажа на судне должны быть подвергнуты гидравлическим испытаниям пробным давлением и на герметичность. Нормы гидравлических испытаний должны быть согласованы с Регистром.

11.2 Системы и трубопроводы атомного судна классов безопасности 3 и 4 должны отвечать требованиям части VIII «Системы и трубопроводы» Правил классификации.

11.3 Все трубопроводы, проходящие сквозь ЗО, должны отвечать требованиям [4.3](#) и [4.4](#).

11.4 Арматура оборудования, систем и трубопроводов ППУ должна иметь местные указатели ее положения и легкочитаемые отличительные планки. Дистанционно управляемая арматура, кроме того, должна иметь устройства для ручного управления с места ее установки. Арматура, управляемая из ЦПУ, должна иметь дополнительное обозначение, аналогичное обозначению на пульте.

12 ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ И СОСУДЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ППУ

12.1 Теплообменные аппараты и сосуды под давлением ППУ должны быть спроектированы с учетом их класса безопасности.

12.2 Теплообменные аппараты и сосуды под давлением классов безопасности 1 и 2, за исключением реактора, должны отвечать следующим требованиям:

.1 расчеты прочности теплообменных аппаратов и сосудов под давлением должны выполняться по методикам, одобренным Регистром;

.2 способы герметизации главных разъемов должны быть одобрены Регистром;

.3 корпуса теплообменных аппаратов и сосудов под давлением должны быть приспособлены к гидравлическим испытаниям;

.4 теплообменные аппараты и сосуды под давлением, за исключением первого контура, в необходимых случаях должны быть защищены от недопустимого повышения в них давления неотключаемыми предохранительными устройствами;

.5 предохранительные устройства допускается не устанавливать на теплообменные аппараты и сосуды под давлением классов безопасности 1 и 2, если они соединены неотсекаемыми трубами с сосудом, на котором имеются предохранительные устройства;

.6 материалы теплообменных аппаратов и сосудов под давлением должны быть легкосвариваемыми, коррозионно- и эрозийно устойчивыми, не обладать склонностью к межкристаллитной коррозии, сохранять в максимально возможной степени прочностные и пластические свойства под воздействием радиоактивных излучений в течение времени работы на судне, допускать их дезактивацию и должны быть одобрены Регистром;

.7 конструкция, сварка и контроль сварных швов теплообменных аппаратов и сосудов под давлением должны выполняться в соответствии с положениями по сварке и правилами контроля сварных швов, одобренными Регистром. Все сварные швы должны подвергаться неразрушающему контролю;

.8 теплообменные аппараты и сосуды под давлением после изготовления, а также после монтажа на судне должны быть подвергнуты гидравлическим испытаниям пробным давлением на герметичность в соответствии с нормами гидравлических испытаний, одобренными Регистром;

.9 теплообменные аппараты и сосуды под давлением должны подвергаться гидравлическим и иным испытаниям на прочность до нанесения на них изоляции или защитного покрытия.

12.3 Теплообменные аппараты и сосуды под давлением атомного судна классов безопасности 1 — 4, должны также отвечать требованиям части X «Котлы, теплообменные аппараты и сосуды под давлением» Правил классификации в той мере, в какой они не противоречат настоящим Правилам.

13 СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

13.1 Должна быть установлена система управления и защиты реактора, обеспечивающая:

- .1 непрерывный контроль эксплуатационного состояния реактора;
- .2 автоматическое и дистанционное управление ППУ, исключающее превышение проектных характеристик реактора, важных для безопасности;
- .3 автоматическое и дистанционное управление реактором на заданном уровне мощности;
- .4 восприятие сигналов аварийного состояния и включение в работу систем и оборудования, важных для безопасности.

13.2 Система управления и защиты реактора в отношении выполнения функций безопасности должна быть резервирована и способна выполнять свои функции в предположении единичного отказа.

13.3 Система управления и защиты должна обеспечивать управление мощностью реактора в соответствии с эксплуатационными потребностями судна при всех его маневрах в нормальных и аварийных ситуациях и состоянии моря. Система управления и защиты должна в максимальной практически возможной степени исключать эксплуатационные ограничения для атомного судна, не применяемые для судов подобных размерений с энергетической установкой обычного типа аналогичной мощности.

13.4 Система управления реактором должна получать сигналы от датчиков параметров, измеренных по разным каналам, включая нейтронный поток.

Измерение параметров, важных для управления реактором, не должно быть ограничено одним каналом.

13.5 Система управления и защиты реактора должна обеспечивать возможность ее проверки в эксплуатации без снижения безопасности.

13.6 Конструкция органов регулирования реактора должна предусматривать возможность автоматического и дистанционного управления реактором.

13.7 Должны быть предусмотрены средства для контроля исправности действия каждого канала системы управления и защиты реактора и обнаружения отказавших элементов.

13.8 Для определения неисправностей или аварий реактора должны контролироваться, по крайней мере, два различных по своей природе параметра, характеризующих рабочий процесс. Если это нецелесообразно или неосуществимо, должно быть предусмотрено дополнительное резервирование в канале контроля одного из переменных параметров.

13.9 Приборы системы защиты реактора, требующиеся для контроля в условиях КСЗ и КС4, должны быть работоспособны в таких условиях.

13.10 При отказе или повреждении канала системы управления и защиты реактора должен подаваться световой сигнал.

13.11 Основные проектные положения для управления реактивностью, которые должны учитываться при проектировании.

13.11.1 События, которые могут привести к непреднамеренному увеличению реактивности, должны быть чрезвычайно редкими, как указано в разд. 3 части II «Принципы безопасности», и не должны приводить к ситуациям, создающим опасность для экипажа и окружающей среды большую, чем указано в части IX «Радиационная безопасность».

13.11.2 Предполагаемые аварийные случаи изменения реактивности не должны приводить к самопроизвольной цепной реакции или к разгерметизации системы теплоносителя первого контура и препятствовать выводу реактора из действия.

13.11.3 Коэффициент реактивности должен быть отрицательным при работе на мощностях, соответствующих ходовым режимам судна, с учетом проектных значений качки и ускорений судна.

13.11.4 СУЗ должна обладать способностью автоматически выводить реактор из действия при наклонениях судна вплоть до угла заката и удерживать реактор в таком состоянии при всех углах. Кроме того, СУЗ должна автоматически срабатывать, если судно тонет, или статический крен достигнет 45° , или его дифференциал достигнет 10° .

При меньших углах статического крена или дифференциала автоматического срабатывания СУЗ для вывода реактора из действия происходить не должно.

13.12 СУЗ должна отвечать следующим требованиям.

13.12.1 Система должна иметь в своем составе, по крайней мере, две независимые надежные подсистемы управления реактивностью, разные по конструкции.

13.12.2 Одна из подсистем должна быть механической, а также:

.1 быть способной автоматически переводить в подкритическое состояние активную зону и поддерживать ее в холодном подкритическом состоянии без использования жидкого поглотителя нейтронов в любой период кампании активной зоны, считая, что рабочий орган СУЗ с наибольшей эффективностью извлечен из зоны и не может быть введен обратно;

.2 быть способной надежно управлять изменениями реактивности и исключать превышение проектных ограничений по топливным характеристикам активной зоны при любом эксплуатационном и аварийном проектном состоянии;

.3 содержать устройства для предотвращения непреднамеренных перемещений любого рабочего органа СУЗ;

.4 исправно работать при отказе одного из резервированных каналов, формирующих сигналы на срабатывание АЗ, включая измерительную часть;

.5 по получении аварийного сигнала быть способной снижать мощность реактора со скоростью, исключающей превышение любых ограничений проектных характеристик;

.6 обеспечивать показания положений каждого поглощающего нейтроны элемента на пульте управления реактором;

.7 быть спроектирована так, чтобы уменьшать до приемлемого уровня вероятность незапланированного непрерывного извлечения рабочего органа СУЗ из активной зоны;

.8 обладать последовательностью управляющих воздействий на исполнительные органы СУЗ, сводящих к минимуму вероятность ошибки оператора;

.9 иметь устройства для предотвращения вывода рабочих органов СУЗ из активной зоны непредусмотренными группами или в непредусмотренной последовательности.

13.12.3 Другая подсистема управления реактивностью должна быть одна способна переводить и поддерживать активную зону реактора в подкритическом состоянии.

13.12.4 Каждая подсистема управления реактивностью должна быть полностью работоспособной при всех проектных наклонениях судна и обеспечивать возможность функциональных проверок, периодических тарировок приборов во всем измеряемом диапазоне мощности реактора и проверок исправного функционирования приборов.

13.12.5 Рабочие органы СУЗ, введенные в активную зону, должны быть способны удерживать активную зону в подкритическом состоянии с достаточным запасом в течение всей кампании и после выработки энергоресурса активной зоны, включая периоды технического обслуживания, перегрузки топлива, аварийные состояния реактора и судна, в том числе опрокидывание и затопление.

13.12.6 Реактор должен сохранять работоспособность на уровнях мощности, достаточных для управляемости судна в условиях КС1 в течение установленного энергоресурса активной зоны на случай зависания в активной зоне при энергетическом уровне мощности элемента управления с наибольшей эффективностью и невозможности его вывода из активной зоны, за исключением случаев пребывания активной зоны в йодной яме.

13.12.7 Средства управления реактивностью должны быть спроектированы так, чтобы обеспечивались управление из ЦПУ и возможность перевода и поддержания активной зоны в подкритическом состоянии с поста аварийного расхолаживания.

13.13 Для предотвращения незапланированных изменений реактивности вследствие изменения плотности замедлителя должны быть предусмотрены средства для определения и управления произвольными колебаниями и изменениями мощности в пределах активной зоны реактора, если расчетом не доказано, что такие колебания минимальны и не приводят с приемлемыми запасами к появлению условий, при которых могут быть превышены ограничения по расчетным характеристикам.

13.14 При классе состояния КС2 система управления и защиты должна обеспечивать ввод реактора в действие после его кратковременного вывода из действия в обусловленное время для обеспечения возможности управляемости судна без снижения безопасности.

13.15 Отказ любого элемента управления не должен препятствовать безопасной остановке реактора.

13.16 Размещение системы управления и защиты должно обеспечивать полное управление и контроль реактора при классах состояний КС1, КС2 и КС3 из ЦПУ, а также вывод реактора из действия и контроль его состояния с ходового мостика или с поста управления аварийным расхолаживанием.

Центральный пост управления реактором должен находиться в наименее уязвимом (для пожаров, взрывов, летящих обломков, радиоактивности и т.п.) месте, возможно ближе к реактору и машинной установке для сокращения протяженности цепей управления. Из ЦПУ должно быть не менее двух путей эвакуации.

13.17 Должен быть предусмотрен ПАР реактора, расположенный в отдалении от ЦПУ и обеспечивающий:

- .1 независимый вывод реактора из действия. Допускается вывод реактора из действия также с другого поста, где имеется постоянная вахта;
- .2 возможность независимого последующего расхолаживания реактора;
- .3 контроль состояния реактора и первого контура и поддержание реактора в холодном состоянии, а также сигнализацию о положении органов управления реактивностью.

ПАР должен быть расположен на достаточном удалении от ЦПУ, чтобы пожар или другая авария в ЦПУ не могла нарушить работу этого поста.

ПАР может быть функционально соединен с ходовым мостиком.

13.18 В системе управления должны быть предусмотрены технические меры для предотвращения последствий неправильных действий оператора.

13.19 В тех случаях, когда конструкцией предусматриваются блокировки на срабатывание АЗ, блокировки должны быть отчетливо показаны на посту управления реактором. Как правило, СУЗ не должна требовать блокировки на срабатывание АЗ.

13.20 Приводы СУЗ должны иметь ручное управление непосредственно с места их установки в дополнение к автоматическому и дистанционному. Должно быть четко обозначено направление вращения рукоятки ручного управления и соответствующее ему направление перемещения рабочих органов СУЗ.

14 СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ

14.1 Должна быть предусмотрена система контроля технических средств в условиях нормальной эксплуатации и проектных аварий.

14.2 В ее составе должна быть контрольно-измерительная аппаратура, обеспечивающая надежное измерение параметров, характеризующих рабочие условия и контроль за работой установки.

14.3 Наиболее важные параметры ППУ должны автоматически регистрироваться соответствующими устройствами с указанием даты и времени.

14.4 Контрольно-измерительная аппаратура СУЗ должна обеспечивать непрерывное измерение нейтронного потока (включая период пуска реактора) от минимально контролируемого уровня до максимального проектного уровня мощности реактора.

14.5 Измерительные приборы СУЗ должны дублироваться и быть независимы от измерительной аппаратуры, предназначенной для измерения параметров и контроля работы систем.

14.6 Должна быть обеспечена работоспособность в условиях МПА расположенного в ЗО оборудования автоматизации (включая кабели и проходки), выполняющего следующие функции безопасности:

аварийный останов реактора и удержание его в подкритическом состоянии;

аварийный отвод тепла от реактора;

удержание радиоактивных веществ и ионизирующих излучений в установленных проектом границах.

Перечень оборудования, арматуры и средств автоматизации указан в [приложении](#).

14.7 Размещение и дублирование приборов, кабелей и оборудования должны обеспечивать их работоспособность в условиях проектных аварий.

14.8 На показывающих приборах должны быть указаны предельные значения и значения уставок.

14.9 Каналы измерений должны быть оборудованы автоматическим самоконтролем.

14.10 Должна быть предусмотрена сигнализация при неисправностях измерительных каналов и приборов.

14.11 Конструкция системы контроля должна обеспечивать быструю и однозначную оценку состояния установки.

ПРИЛОЖЕНИЕ

**ПЕРЕЧЕНЬ ОБОРУДОВАНИЯ, АРМАТУРЫ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ,
КОТОРЫЕ ДОЛЖНЫ СОХРАНЯТЬ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ
В УСЛОВИЯХ МПА**

- 1 Оборудование:
 - .1 реактор, включая приводы СУЗ (перемещение вниз и контроль положения).
- 2 Пневмоуправляемая арматура следующих систем (контроль положения):
 - .1 системы ГВД;
 - .2 систем очистки и расхолаживания;
 - .3 систем отбора проб первого контура;
 - .4 системы второго контура (первая отсечная по пару и питательной воде);
 - .5 системы третьего контура (первая отсечная);
 - .6 систем аварийного охлаждения активной зоны.
- 3 Средства измерений следующих параметров (работоспособность):
 - .1 давления в системе первого контура;
 - .2 уровня воды в компенсаторах давления первого контура;
 - .3 температуры теплоносителя в реакторе;
 - .4 мощности реактора;
 - .5 температуры среды в помещениях ЗО;
 - .6 давления в гидроаккумуляторах;
 - .7 уровня воды в гидроаккумуляторах;
 - .8 давления среды в межклапанном пространстве каналов системы аварийного охлаждения активной зоны.

Российский морской регистр судоходства

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

Часть VI

Атомные паропроизводящие установки

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

www.rs-class.org/ru/