ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71787— 2024

ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИЕ СБОРКИ И ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕАКТОРОВ С НАТРИЕВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Требования к характеристикам конструкционных материалов для расчетов на прочность

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежаля» (АО «НИКИЭТ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 322 «Атомная техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 декабря 2024 г. № 2078-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии не несет ответственности за патентную чистоту настоящего стандарта. Патентообладатель может заявить о своих правах и направить в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии аргументированное предложение о внесении в настоящий стандарт поправки для указания информации о наличии в стандарте объектов патентного права и патентообладателе

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, сокращения и обозначения 2
4 Общие положения 2
5 Требования к экспериментальному определению численных значений физических и механических характеристик конструкционных материалов 4
Приложение А (обязательное) Перечень физических и механических характеристик конструкционных материалов тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок для реакторов с натриевым теплоносителем, используемых для выполнения обоснования прочности и термомеханического поведения 5
Библиография 6

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИЕ СБОРКИ И ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕАКТОРОВ С НАТРИЕВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Требования к характеристикам конструкционных материалов для расчетов на прочность

Fuel assemblies and fuel elements of sodium-cooled reactors. Requirements for characteristics of structural materials for strength analysis

Дата введения — 2025—04—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на комплекс физических и механических характеристик конструкционных материалов, необходимых для обоснования прочности и термомеханического поведения тепловыделяющих сборок и тепловыделяющих элементов реакторов с натриевым теплоносителем в режимах нормальной эксплуатации и при нарушении нормальной эксплуатации (включая проектные аварии). Устанавливает требования к экспериментальному определению численных значений физических и механических характеристик конструкционных материалов.

1.2 Настоящий стандарт не распространяется на материалы, полученные методами порошковой металлургии и аддитивных технологий.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 8.568 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения

ГОСТ Р 8.932 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к методикам (методам) измерений в области использования атомной энергии. Основные положения

ГОСТ Р 8.985 Государственная система обеспечения единства измерений. Служба стандартных справочных данных в области использования атомной энергии. Общие положения

ГОСТ Р 59115.1 Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины, определения, сокращения и обозначения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 59115.1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **флюенс нейтронов:** Количество нейтронов, которое проходит через единицу площади в течение времени облучения.

3.1.2 **повреждающая доза:** Интегральная характеристика, отражающая степень радиационного повреждения материала, определяемая как накопленное число смещений одного атома из узла кристаллической решетки под действием нейтронного и гамма-излучения; единицей повреждающей дозы является безразмерная величина «сна» — смещение на атом.

3.1.3 **конструктор тепловыделяющего элемента:** Организация, разрабатывающая и утверждающая технический проект тепловыделяющего элемента, имеющая лицензию на соответствующий вид деятельности.

3.1.4 **конструктор тепловыделяющей сборки:** Организация, разрабатывающая и утверждающая технический проект тепловыделяющей сборки, имеющая лицензию на соответствующий вид деятельности.

3.1.5 **обосновывающий отчет:** Отчет, содержащий обобщение результатов выполненных исследований и значения физических и механических характеристик материалов, необходимых для расчетного обоснования прочности.

3.1.6 **основной металл:** Металл в виде полуфабрикатов применяемый при изготовлении, монтаже и ремонте тепловыделяющего элемента и тепловыделяющей сборки для реакторов с натриевым теплоносителем.

3.1.7 **радиационная ползучесть:** Ползучесть конструкционных материалов, вызванная облучением материала.

3.1.8 **термическая ползучесть:** Ползучесть конструкционных материалов, вызванная температурным фактором.

3.1.9 **предел длительной прочности:** Напряжение, подсчитанное как отношение приложенной силы к первоначальной площади сечения образца, при котором происходит разрушение образца в испытаниях на длительную прочность при данной температуре через заданный промежуток времени.

3.1.10 **длительная пластичность:** Истинная деформация в момент разрушения образца при испытаниях по определению предела длительной прочности.

3.2 Сокращения и обозначения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения и обозначения:

ГМО — головная материаловедческая организация;

ПКД — проектно-конструкторская документация;

ИО — испытательное оборудование;

ОИАЭ — объекты использования атомной энергии;

ТВС — тепловыделяющая сборка;

твэл — тепловыделяющий элемент;

T_t — температура, при достижении которой необходимо учитывать характеристики длительной прочности, пластичности и ползучести, °С;

T_{max} — максимальная температура эксплуатации, °С.

4 Общие положения

4.1 Выбор конструкционных материалов для изготовления твэлов и ТВС реакторов с натриевым теплоносителем осуществляет конструктор твэла на этапе разработки твэла и конструктор ТВС на этапе разработки ТВС. Допускается использовать несколько видов полуфабрикатов с возможностью последующего изменения количества вариантов на этапе разработки соответствующей ПКД.

4.2 Конструктор твэла и/или конструктор ТВС реакторов с натриевым теплоносителем определяет диапазоны по температуре, флюенсу и/или повреждающей дозе, для которых должны быть определены свойства и характеристики конструкционных материалов, исходя из режимов эксплуатации кон-

кретного твэла и ТВС, включая режим нормальной эксплуатации, нарушение нормальной эксплуатации и проектные аварии. Перечень характеристик конструкционных материалов для проведения расчета на прочность и термомеханическое поведение твэлов и ТВС для реакторов с натриевым теплоносителем представлен в приложении А. Перечень характеристик конструкционных материалов для проведения расчета на прочность и термомеханическое поведение твэлов и ТВС для реакторов с натриевым теплоносителем может быть сокращен или дополнен с обоснованием этого изменения конструктором твэла и/или ТВС.

4.3 При внесении изменений в конструкцию твэла и/или ТВС для реакторов с натриевым теплоносителем, если эти изменения могут повлиять на эксплуатационные факторы работы твэла и ТВС, конструктору твэла и/или конструктору ТВС следует соответственно изменить необходимый для обоснования прочности и термомеханического поведения диапазон по температуре, нагрузке, флюенсу и/или повреждающей дозе, а также указать значения характеристик конструкционных материалов с учетом вносимых изменений.

4.4 Значения физических и механических характеристик конструкционных материалов должны быть представлены в обосновывающем отчете по применению конструкционных материалов и ПКД с учетом влияния эксплуатационных факторов (влияние теплоносителя, температуры, нейтронного облучения) на изменение физических и механических характеристик в диапазоне температур от 20 °С до T_{max} + 50 °С, а также при температурах нарушения нормальной эксплуатации и проектных аварий.

4.5 Разработка отчета, обосновывающего применение конструкционных материалов, включающего значения физических и механических характеристик конструкционных материалов, осуществляется конструктором твэла и/или конструктором ТВС с привлечением ГМО с учетом специализации.

4.6 В отчете, обосновывающем применение конструкционных материалов твэлов и ТВС, должны быть представлены следующие данные для основного металла:

- химический состав (с указанием пределов содержания легирующих и примесных химических элементов);
- вид и способ получения полуфабрикатов, сертификатные данные на полуфабрикаты, номера плавок;
- документы по стандартизации на основной материал;
- сведения о термической обработке;
- схема вырезки образцов из полуфабрикатов;
- значение температуры T_{max};
- значения предельно допустимого флюенса нейтронов и/или повреждающей дозы, до которых обосновано применение материалов.

4.7 Отчет, обосновывающий применение конструкционного материала, должен содержать обобщение результатов выполненных исследований с представлением численных значений физических и механических характеристик конструкционных материалов и соответствующих характеристик погрешности (неопределенности) в диапазоне предполагаемых условий эксплуатации (влияние теплоносителя, температуры, флюенса нейтронов и/или повреждающей дозы) в объеме необходимом для расчетного обоснования прочности твэл и ТВС.

4.8 В отчете, обосновывающем применение конструкционного материала, должны быть представлены результаты выполненных испытаний основного металла, методы их обработки и модели их экстраполяции в соответствии с документами по стандартизации, на назначенный срок службы, а также следующий перечень физических и механических характеристик материалов для выполнения расчетного обоснования прочности:

- значения модуля нормальной упругости, коэффициента Пуассона, коэффициентов термического расширения, применяемые при проведении расчетов на прочность должны быть определены в диапазоне температур от 20 °С до T_{max} + 50 °С, а также при температурах нарушения нормальной эксплуатации и проектных авариях;
- значения условного предела текучести, временного сопротивления, относительного равномерного и общего удлинения, относительного сужения, применяемые при проведении расчетов на прочность, должны быть определены в диапазоне температур от 20 °С до T_{max} + 50 °С, а также при температурах нарушения нормальной эксплуатации и проектных аварий;
- характеристики циклической прочности [для основного металла должны быть представлены кривые усталости в координатах «амплитуда напряжений (деформаций) — число циклов до зарождения трещины»];

- характеристики предела длительной прочности, длительной пластичности, радиационной, термической ползучести (в том числе температура T_t);

- характеристики трещиностойкости (значение критического коэффициента интенсивности напряжений, значения критической температуры хрупкости материала в исходном состоянии, сдвига критической температуры хрупкости вследствие температурного старения, сдвига критической температуры хрупкости вследствие влияния нейтронного облучения);

- характеристики коррозионной стойкости.

4.9 В отчете, обосновывающем применение конструкционного материала, должно быть подтверждено, что контакт материала с теплоносителем не снижает характеристики прочности, или должны быть представлены количественные данные, отражающие влияние теплоносителя.

4.10 В отчете, обосновывающем применение конструкционного материала, должны быть представлены данные по учету изменения характеристик, приведенных в приложении А, при воздействии нейтронного облучения вплоть до максимально допускаемого флюенса нейтронов и/или повреждающей дозы, установленного конструктором твэл и/или конструктором ТВС. Диапазон доз облучения, при которых определяются физико-механические характеристики конструкционных материалов, должен быть достаточным для обоснования прочности и работоспособности твэлов и ТВС в течение срока службы твэлов и ТВС.

5 Требования к экспериментальному определению численных значений физических и механических характеристик конструкционных материалов

5.1 Для определения численных значений физических и механических характеристик конструкционных материалов, используемых в расчетах на прочность, следует использовать результаты испытаний образцов, вырезанных из металла полуфабрикатов или изделий, применяемых для изготовления твэл и ТВС для реакторов с натриевым теплоносителем.

5.2 Испытательная лаборатория должна подтвердить компетентность в области обеспечения единства измерений в соответствии с требованиями федерального законодательства по аккредитации.

5.3 Измерения, проводимые при испытаниях, должны соответствовать требованиям [1].

5.4 Испытательное оборудование, используемое при проведении физических, кратковременных и длительных механических испытаний, должно быть аттестовано в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.568, а также должны быть определены точностные характеристики испытательных воздействий ИО. Особенности аттестации ИО, применяемого в ОИАЭ, включая процедуры определения точностных характеристик ИО, устанавливаются уполномоченным органом управления использованием атомной энергии.

5.5 Средства измерений, используемые при испытаниях по определению численных значений физических и механических характеристик конструкционных материалов, должны быть утвержденных типов и поверены организацией, аккредитованной в соответствии с требованиями федерального законодательства в области обеспечения единства измерений на право поверки средств измерений.

5.6 Методики измерений при испытаниях, включающие или основанные на процедурах проведения испытаний и обработки их результатов, установленных в документах по стандартизации, должны быть аттестованы в соответствии с ГОСТ Р 8.932.

5.7 Статус данных о физических и механических характеристиках конструкционных материалов, используемых в расчетах на прочность, должен быть определен в соответствии с ГОСТ Р 8.985.

Приложение А
(обязательное)

Перечень физических и механических характеристик конструкционных материалов тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок для реакторов с натриевым теплоносителем, используемых для выполнения обоснования прочности и термомеханического поведения

При проведении расчета на прочность и термомеханическое поведение твэлов и ТВС необходимо использовать следующие физические и механические характеристики конструкционных материалов:

- коэффициент теплового расширения;
- модуль нормальной упругости;
- коэффициент Пуассона;
- временное сопротивление разрыву;
- условный предел текучести;
- относительное общее удлинение после разрыва;
- относительное равномерное удлинение после разрыва;
- относительное сужение поперечного сечения образца после разрыва;
- деформацию радиационного распухания;
- деформацию на установившейся стадии и скорость термической ползучести;
- деформацию на установившейся стадии и скорость радиационной ползучести;
- величину окружных напряжений, приводящих к разрушению через определенное время (длительная прочность);
- относительное удлинение при длительном статическом нагружении;
- относительное сужение при длительном статическом нагружении;
- значения максимальных напряжений и число циклов до разрушения в условиях симметричного цикла (циклическая прочность);
- характеристики коррозионной стойкости;
- характеристики трещиностойкости;
- скорость термической ползучести;
- скорость радиационной ползучести.

Библиография

[1] Приказ Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» от 31 октября 2013 г. № 1/10-НПА «Об утверждении метрологических требований к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии»

УДК 621.039:531:006.354 ОКС 27.120.99

Ключевые слова: натриевый теплоноситель, конструкционные материалы, головная материаловедческая организация, физические характеристики, механические характеристики, тепловыделяющий элемент, тепловыделяющая сборка

Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 13.01.2025. Подписано в печать 03.02.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,15.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru