ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70420— 2022

ТРАНСПОРТНЫЕ УПАКОВОЧНЫЕ КОМПЛЕКТЫ

Расчетное и экспериментальное обоснование прочности при динамических нагрузках на стадии проектирования

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

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 27 декабря 2022 г. № 1650-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», 2023

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 по выбору расчетных схем транспортных упаковочных комплектов, представлению и оценке результатов при расчетном обосновании прочности при динамических воздействиях 3
6 Требования к экспериментальному обоснованию прочности транспортных упаковочных комплектов при динамических воздействиях 4
Приложение А (рекомендуемое) Методика расчетного обоснования корпусных компонентов по предельному состоянию достижения предельных упругопластических деформаций по всей толщине стенки компонента 5
Приложение Б (рекомендуемое) Аппроксимация истинной диаграммы деформирования материалов корпусных компонентов и демпферов 6
Библиография 7

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТРАНСПОРТНЫЕ УПАКОВОЧНЫЕ КОМПЛЕКТЫ

Расчетное и экспериментальное обоснование прочности при динамических нагрузках на стадии проектирования

Transport packaging.
Calculational and experimental justification of strength under dynamic loading at the design stage

Дата введения — 2023—02—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на транспортные упаковочные комплекты упаковок типов *B*(*U*) и *B*(*M*) по [1], изготовляемые из стали, и устанавливает требования к их расчетному и экспериментальному обоснованию прочности на стадии проектирования при динамических нагрузках.

1.2 Настоящий стандарт не распространяется на компоненты, деформация и разрушение которых не нарушает герметичность, не изменяет параметры ядерной и радиационной безопасности транспортных упаковочных комплектов, а также их содержимое.

1.3 Настоящим стандартом не регламентируются методы, применяемые для определения внутренних усилий, перемещений, напряжений и деформаций рассчитываемых компонентов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ Р 59115.2—2021 Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Модуль упругости, температурный коэффициент линейного расширения, коэффициент Пуассона, модуль сдвига

ГОСТ Р 59115.3—2021 Обоснование прочности оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Кратковременные механические свойства конструкционных материалов

ГОСТ Р 70419—2022 Транспортные упаковочные комплекты. Расчет на стадии проектирования при статических нагрузках

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:

компонент: Часть транспортного упаковочного комплекта, анализируемая при выполнении расчета на прочность.

Примечание — Компоненты транспортного упаковочного комплекта, образующие герметичный объем для удержания радиоактивного содержимого, в настоящем стандарте называются корпусными компонентами.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АУП — аварийные условия перевозки;

НДС — напряженно-деформированное состояние;

НУП — нормальные условия перевозки;

ТУК — транспортный упаковочный комплект.

3.3 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

E — модуль упругости при расчетной температуре, МПа;

n — коэффициент запаса;

R_m — временное сопротивление при расчетной температуре, МПа;

$R_{p0,2}$ — предел текучести при расчетной температуре, МПа;

Z — относительное сужение при расчетной температуре, %;

ε_{eq} — эквивалентные деформации по Мизесу;

ε_x, ε_y, ε_z, γ_{xy}, γ_{yz}, γ_{zx} — компоненты деформаций;

σ_i — интенсивность напряжений по Мизесу, МПа;

σ_m — среднее (гидростатическое) напряжение, МПа;

σ_1, σ_2, σ_3 — главные напряжения, МПа.

4 Общие положения

4.1 Расчетное и экспериментальное обоснование прочности ТУК при динамических воздействиях проводят с целью подтверждения сохранения герметичности и радиационной защиты ТУК в установленных в [1] пределах в рассматриваемых режимах.

4.2 Расчетное обоснование прочности ТУК при динамических воздействиях проводится с учетом следующих возможных предельных состояний:

- кратковременное разрушение;
- превышение проектного значения зазора между крышкой и корпусом ТУК;
- достижение предельных упругопластических деформаций по всей толщине стенки компонента.

Расчет на прочность ТУК при динамических воздействиях включает в себя оценки:

- сопротивления разрушению;
- сохранения герметичности соединения между крышкой и корпусом;
- целостности корпусных компонентов.

4.3 Расчет ТУК проводят с учетом всех расчетных нагрузок и факторов, в том числе:

- внутреннее и наружное давление;
- нагрузки от затяга болтов и шпилек;
- весовые нагрузки;
- нагрузки при транспортировании;
- температурные воздействия (в части влияния на физико-механические характеристики материалов).

4.4 Требования к оценкам прочности ТУК зависят от категории расчетного режима:

- НУП;
- АУП.

Расчетными случаями НУП являются условия, имитируемые испытаниями по [1] (пункт 3.4.2).

Расчетными случаями АУП являются условия, имитируемые испытаниями по [1] (пункт 3.4.4).

4.5 При обосновании прочности ТУК рассматривают следующие расчетные случаи динамических воздействий:

- падение ТУК в режиме НУП, [1] (подпункт 3.4.2.4);
- падение на ТУК металлического стержня в режиме НУП, [1] (подпункт 3.4.2.6);
- падение ТУК в режиме АУП, перечисление а) подпункта 3.4.4.2 [1];
- падение ТУК на металлический штырь в режиме АУП, перечисление б) подпункта 3.4.4.2 [1];
- динамическое раздавливание ТУК, перечисление в) подпункта 3.4.4.2 [1];
- другие возможные случаи динамических воздействий.

4.6 Обоснование прочности ТУК при динамических нагрузках проводят экспериментально, либо расчетным путем, либо в сочетании этих методов. При использовании экспериментальных методов должна быть обоснована возможность переноса экспериментально полученных результатов на конструкцию конкретного ТУК.

4.7 При проведении обоснования прочности ТУК при динамических нагрузках должны быть рассмотрены все расчетные случаи нагружения по 4.5 и все предельные состояния. Каждый расчетный случай и предельное состояние должны быть обоснованы экспериментально и (или) расчетным методом.

4.8 Методика оценки прочности корпусных компонентов по предельному состоянию достижения предельных упругопластических деформаций по всей толщине стенки компонента приведена в приложении А.

4.9 При проведении расчетного обоснования прочности следует использовать значения физических и механических характеристик конструкционных материалов из документов по стандартизации на материалы. В случае отсутствия необходимых значений в указанных документах по стандартизации на материал (полуфабрикат) следует использовать значения физических и механических характеристик конструкционных материалов согласно требованиям ГОСТ Р 59115.2—2021 (раздел 4), ГОСТ Р 59115.3—2021 (раздел 4).

4.10 Значения физических и механических характеристик материалов ТУК с учетом скорости нагружения допускается принимать в соответствии с [2].

4.11 Расчет на сопротивление разрушению допускается проводить в соответствии с требованиями ГОСТ Р 70419, в этом случае запасы прочности принимаются как для режимов испытаний давлением.

5 Требования по выбору расчетных схем транспортных упаковочных комплектов, представлению и оценке результатов при расчетном обосновании прочности при динамических воздействиях

5.1 Расчетные схемы должны учитывать жесткостные и массовые характеристики ТУК и его содержимого, включая демпфирующие компоненты (при их наличии). Допускается не учитывать демпфирующие компоненты, если обоснована консервативность такой расчетной схемы для рассматриваемого предельного состояния.

5.2 Расчет прочности ТУК при динамическом воздействии в режимах АУП и НУП проводят с учетом упругопластического поведения конструкционных материалов для корпусных компонентов и демпферов с использованием диаграмм деформирования материалов с упрочнением. Допускается использовать аппроксимацию истинной диаграммы деформирования материалов корпусных компонентов и демпферов, приведенную в приложении Б.

5.3 Значения физико-механических характеристик материалов корпусных компонентов и демпферов принимаются для построения диаграмм деформирования в зависимости от температуры и скорости нагружения.

5.4 В результате расчета необходимо обосновать сохранение герметичности главного разъема ТУК (непревышение выхода радиоактивного содержимого пределов, установленных [1]) с использованием идеально упругопластической диаграммы деформирования материала крепежа без упрочнения и возможного наличия в крепеже остаточных деформаций. Указанная диаграмма деформирования должна иметь линейный участок до значения напряжения, равного $R_{p0,2}$.

Средние напряжения среза в резьбах не должны превышать $0,45 \cdot R_{p0,2}$ для режимов НУП и $0,5 \cdot R_{p0,2}$ для режимов АУП. Для максимальных эквивалентных деформаций в болтах и шпильках, определенных по теории Мизеса, должно выполняться условие прочности:

$$\varepsilon_{eq} \le 0,9 \ln\left(\frac{100}{100 - Z}\right), \quad (1)$$

где $\varepsilon_{eq} = \frac{1}{3}\sqrt{2\left[\left(\varepsilon_x - \varepsilon_y\right)^2 + \left(\varepsilon_y - \varepsilon_z\right)^2 + \left(\varepsilon_z - \varepsilon_x\right)^2 + \frac{3}{2}\left(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{zx}^2\right)\right]}$.

При обосновании герметичности главного разъема ТУК необходимо учитывать возможное удлинение шпилек за счет наличия податливости резьб.

5.5 Значения физико-механических характеристик материалов крепежа принимаются при построении диаграмм деформирования в зависимости от температуры.

5.6 При проведении расчета ТУК по каждому рассматриваемому предельному состоянию должна быть обоснована консервативность принимаемых физических и механических характеристик материалов в зависимости от температуры и с учетом или без учета скорости нагружения.

5.7 При расчетном обосновании прочности необходимо рассмотреть несколько вариантов падения ТУК, в том числе на дно и кромку дна под разными углами, на крышку и кромку крышки под разными углами, на бок (в том числе на цапфу), для обоснования выбора наиболее опасного случая нагружения. Данное обоснование может быть использовано при планировании экспериментального обоснования прочности ТУК.

5.8 В ходе расчетного обоснования прочности должны быть определены:

- максимальные перегрузки;
- растягивающие силы на шпильках;
- НДС в районе сварных швов корпуса ТУК;
- НДС в районе контакта ТУК с мишенью.

5.9 По результатам анализа представленных результатов необходимо сделать вывод о наиболее опасном случае нагружения ТУК при динамическом воздействии по каждому из вышеперечисленных параметров и провести для этого варианта оценки прочности.

6 Требования к экспериментальному обоснованию прочности транспортных упаковочных комплектов при динамических воздействиях

6.1 Экспериментальное обоснование прочности ТУК допускается проводить на прототипах или полноразмерных моделях, корректно учитывающих массогабаритные характеристики ТУК, при этом должна быть обоснована возможность переноса экспериментально полученных результатов на конструкцию конкретного ТУК.

6.2 Экспериментальное обоснование прочности ТУК проводят с учетом результатов расчетного обоснования для выбора наиболее опасных вариантов нагружения (например, углов падения ТУК на основание) для каждого предельного состояния и рассматриваемого расчетного случая по 4.5.

6.3 При оценке результатов испытаний ТУК следует принимать во внимание, что в условиях перевозки температура окружающего воздуха может изменяться от минус 40 °С до плюс 38 °С и ТУК может подвергаться воздействию солнечной инсоляции с параметрами, указанными в [1] (таблица 2 приложения 4).

6.4 Характеристики мишеней и металлических стержней, используемых при проведении испытаний в обоснование прочности по расчетным случаям, перечисленным в 4.5, должны соответствовать требованиям федеральных норм и правил в области использования атомной энергии [1] (пункт 3.1.4, подпункты 3.4.2.6 и 3.4.4.2).

Приложение А
(рекомендуемое)

Методика расчетного обоснования корпусных компонентов по предельному состоянию достижения предельных упругопластических деформаций по всей толщине стенки компонента

А.1 Оценка прочности корпусных компонентов по предельному состоянию достижения предельных упругопластических деформаций по всей толщине стенки компонента проводится с использованием процедуры, приведенной ниже.

А.2 Прочность корпуса и крышки (дна) ТУК обеспечена, в случае если в них отсутствуют зоны (сечения), для которых не выполняется условие прочности по накопленному повреждению по всей толщине стенки. Условие прочности по накопленному повреждению ω имеет вид:

$$\omega(\varepsilon_p) = \int_0^{\varepsilon_p} \frac{d\varepsilon_p}{\varepsilon_f} \le \frac{1}{n}, \qquad (A.1)$$

где ε_p — длина траектории пластического деформирования (параметр Одквиста);

$\varepsilon_f = \varepsilon_f^0 \cdot B^{(3K_\sigma - 1)}$ — предельная степень деформации, соответствующая состоянию разрушения материала при фиксированном виде НДС, описываемом тензором напряжений;

n — коэффициент запаса; принимается равным 1,1.

$\varepsilon_f^0 = \ln\left(\frac{100}{100 - Z}\right)$ — значение истинной пластической деформации разрушения при растяжении;

B — характеристика чувствительности материала к виду НДС (отношение деформации разрушения при растяжении к деформации разрушения при кручении), B = 0,6 принимается для сталей аустенитного и перлитного классов.

$K_\sigma = \frac{\sigma_m}{\sigma_i}$ — параметр, характеризующий вид НДС (показатель напряженного состояния),

$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$ — интенсивность напряжений (по Мизесу),

$\sigma_m = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$ — среднее напряжение.

Предельная степень деформации ε_f в общем случае является функцией от показателя напряженного состояния, скорости деформации и температуры.

В случае отсутствия данных, необходимых для определения предельной степени деформации ε_f (или ε_f^0), допускается использовать зависимость предельной степени деформации, полученной при статических испытаниях, и коэффициент запаса n, равный 1,5.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Аппроксимация истинной диаграммы деформирования материалов корпусных компонентов и демпферов

Истинная диаграмма деформирования материалов корпусных компонентов и демпферов аппроксимируется с использованием зависимостей напряжений σ от деформаций ε, выраженных следующей формулой:

$$\sigma = \begin{cases} E \cdot \varepsilon \ \text{ при } \varepsilon \le \dfrac{R_{pe}}{E} \\ R_{pe} \cdot \left(\dfrac{\varepsilon}{\varepsilon_e} \right)^{\nu} \ \text{ при } \varepsilon > \varepsilon_e \end{cases}, \tag{Б.1}$$

где R_{pe} — предел пропорциональности, МПа,

$\varepsilon_e = \dfrac{R_{pe}}{E}$ — деформация, соответствующая пределу пропорциональности;

ν — показатель упрочнения.

Предел пропорциональности R_{pe} вычисляют по формуле

$$R_{pe} = \left(\frac{R_{p0,2}}{\left(2 \cdot 10^{-3} \cdot E + R_{p0,2} \right)^{\nu}} \right)^{\frac{1}{1-\nu}}. \tag{Б.2}$$

Показатель упрочнения ν вычисляют по формуле

$$\nu = \frac{0,73 \cdot \lg \left[\left(1 + 1,4 \cdot 10^{-2} \cdot Z \right) \dfrac{R_m}{R_{p0,2}} \right]}{\lg \left[\dfrac{2,3 \cdot \lg \dfrac{100}{100 - Z}}{2 \cdot 10^{-3} + \dfrac{R_{p0,2}}{E}} \right]}. \tag{Б.3}$$

Библиография

[1] Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-053-16 — Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов

[2] НРП-93 — Нормы расчета на прочность транспортных упаковочных комплектов для перевозки ядерных делящихся материалов

УДК 621.039.746:006.354 ОКС 27.120.99

Ключевые слова: прочность, транспортный упаковочный комплект

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 29.12.2022. Подписано в печать 11.01.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,12.

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