ГОСТ 25461—82

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

КОМПЛЕКТЫ УПАКОВОЧНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ С ОТРАБОТАВШИМИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИМИ СБОРКАМИ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ РАСЧЕТА ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Издание официальное

БЗ 12—99

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.798:539.16.03:006.354 Группа Ф02

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

КОМПЛЕКТЫ УПАКОВОЧНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ С ОТРАБОТАВШИМИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИМИ СБОРКАМИ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Требования к методам расчета ядерной безопасности

ГОСТ 25461—82

Packing transport sets with used fuel assemblies from nuclear reactors. Requirements for calculation methods of nuclear safety

МКС 13.030.30
27.120.10
ОКСТУ 6968

Дата введения 01.07.83

Настоящий стандарт распространяется на упаковочные транспортные комплекты с отработавшими тепловыделяющими сборками ядерных реакторов, общие требования к которым установлены в ГОСТ 26013.

Стандарт устанавливает требования для определения пригодности и области применимости методов расчета ядерной безопасности упаковочных транспортных комплектов в отсутствии непосредственных экспериментальных измерений коэффициента размножения нейтронов упаковочного транспортного комплекта.

Пояснения к терминам, применяемым в настоящем стандарте, приведены в приложении 1.

1. ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ РАСЧЕТА ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УПАКОВОЧНЫХ КОМПЛЕКТОВ

1.1. Метод расчета ядерной безопасности упаковочного комплекта следует применять при условии выполнения всей совокупности требований настоящего стандарта. При этом рассчитанный коэффициент размножения будет больше или равен действительному значению коэффициента размножения упаковочного комплекта.

1.2. При наличии проверочных экспериментов, удовлетворяющих требованиям разд. 3, коэффициент размножения упаковочного комплекта ($K^{\text{у.к}}_{\text{эфф}}$) необходимо принимать равным сумме коэффициента размножения, полученного в результате расчета ($K^{\text{расч}}_{\text{эфф}}$) и погрешности метода расчета ядерной безопасности в коэффициенте размножения (ΔK). Значение коэффициента размножения определяют по формуле

$$K^{\text{у.к}}_{\text{эфф}} = K^{\text{расч}}_{\text{эфф}} + \Delta K.$$

Погрешность и область применимости метода расчета ядерной безопасности должны быть определены в соответствии с требованиями разд. 2 настоящего стандарта.

1.3. При наличии проверочных экспериментов, удовлетворяющих требованиям разд. 3, метод расчета ядерной безопасности упаковочного комплекта следует применять в следующих случаях:

погрешность метода расчета физической модели в коэффициенте размножения ($\Delta K_{\text{ф.м}}$) является положительной величиной, но ее значение не превышает 0,03;

погрешность $\Delta K_{\text{ф.м}}$ является отрицательной величиной, но ее абсолютное значение не превышает 0,04.

Издание официальное ★ Перепечатка воспрещена

© Издательство стандартов, 1983
© ИПК Издательство стандартов, 2004

Значение погрешности решения математической модели $\Delta K_{м.м}$ не превышает 0,020 независимо от знака.

1.4. При отсутствии экспериментов, удовлетворяющих требованиям разд. 3, пригодность метода расчета ядерной безопасности доказывается одним из способов, приведенных в разд. 4. При этом систематическая погрешность и область применимости метода расчета ядерной безопасности не определяются. При определении коэффициента размножения упаковочного комплекта с помощью метода Монте-Карло к $K_{эф}^{расч}$ прибавляют удвоенное среднеквадратическое отклонение.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОГРЕШНОСТИ МЕТОДА РАСЧЕТА ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. Погрешность метода расчета ядерной безопасности упаковочного комплекта в коэффициенте размножения (ΔK) включает в себя:

систематическую погрешность в коэффициенте размножения перехода от реальной конструкции упаковочного комплекта к его физической модели ($\Delta K_{пер}$);

систематическую погрешность в коэффициенте размножения метода расчета физической модели ($\Delta K_{ф.м}$);

погрешность решения математической модели ($\Delta K_{м.м}$).

Значение погрешности определяют по формуле

$$\Delta K = \Delta K_{пер} + \Delta K_{ф.м} + \Delta K_{м.м}.$$

При определении численного значения погрешности метода расчета ядерной безопасности значения перечисленных погрешностей суммируются со своими знаками. Если знак какой-либо из погрешностей неизвестен, то ей должен быть приписан знак «плюс». Если абсолютное значение какой-либо из погрешностей неизвестно, но известно, что она имеет знак «минус», то необходимо приписать этой погрешности нулевое значение.

2.2. Требования к переходу от реальной конструкции упаковочного комплекта к его физической модели

2.2.1 Упрощения реальной конструкции и материальных составов упаковочного комплекта, сделанные при разработке физической модели упаковочного комплекта, должны приводить к увеличению коэффициента размножения.

2.2.2. При разработке физической модели упаковочного комплекта допуски на обогащение, геометрические размеры, плотность топлива и другие параметры необходимо учитывать так, чтобы они увеличивали коэффициент размножения.

2.3. Порядок определения погрешности метода расчета физической модели

2.3.1. Погрешность метода расчета физической модели должна быть установлена путем сравнения значений коэффициентов размножения экспериментальных сборок, полученных с помощью измерений (непосредственных или косвенных) и коэффициентов размножения тех же сборок, полученных с помощью метода расчета, погрешность которого устанавливается.

2.3.2. Погрешность метода расчета физической модели экспериментальной сборки приравнивается разности между наибольшим экспериментальным и расчетным значениями коэффициента размножения физической модели экспериментальной сборки, устанавливаемыми соответственно с учетом экспериментальной погрешности ($K_{эксп}$) и погрешности решения математической модели ($K_{м.м}$).

$$K_{ф.м} = (K_{эксп} + |K_{эксп}|) - (K_{расч} + K_{м.м}).$$

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.3.3. Если погрешность экспериментального значения коэффициента размножения экспериментальной сборки ($\Delta K_{эксп}$) не определена авторами эксперимента, то она принимается равной 0,007.

2.3.4. Значение коэффициента размножения экспериментальной сборки получается с помощью косвенных измерений. Например, путем измерения критических или подкритических параметров экспериментальной сборки: объема, массы делящегося материала, числа тепловыделяющих сборок, размеров или характеристик нейтронных потоков и сечений, исходя из которых определяют значения коэффициента размножения.

В погрешность экспериментальных значений коэффициента размножения должны быть включены также погрешности использованных методов расчета.

2.3.5. Погрешность решения математической модели ($\Delta K_{м.м}$) состоит из систематической погрешности, обусловленной, например, числом и способом размещения узлов расчетной сетки, или из систематической и статистической погрешностей, например, при расчетах с помощью метода Монте-Карло.

Погрешность решения математической модели ($\Delta K_{м.м}$) расчетов в диффузионном приближении определяется с помощью вычислительных тестов для расчетов в диффузионном приближении, для расчетов по методу Монте-Карло с помощью вычислительных тестов, для расчетов по методу Монте-Карло.

Вычислительные тесты ячейки ТВС в упаковочном комплекте для диффузионных расчетов и упаковочного комплекта с ТВС для расчетов по методу Монте-Карло приведены в приложении 2.

Систематическую погрешность решения математической модели вычисляют как разность между коэффициентом размножения, приведенным в вычислительном тесте, и коэффициентом размножения, полученным с помощью вычислительной программы с исходными данными, приведенными в тесте.

При расчетах методом Монте-Карло погрешность решения математической модели ($\Delta K_{м.м}$) вычисляют по формуле

$$\Delta K_{м.м} = K_1 - K_2 + 2\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2},$$

где K_1 и K_2 — коэффициенты размножения, приведенные в тесте и полученные в результате проверяемого расчета, соответственно;

σ_1 и σ_2 — среднеквадратические отклонения коэффициентов размножения, приведенных в тесте и полученных в результате проверяемого расчета, соответственно.

2.4. Требования к параметрам, устанавливающим погрешность метода расчета

2.4.1 Статистические погрешности расчетного и экспериментального значений коэффициента размножения физической модели экспериментальной сборки, используемой для установления погрешности метода расчета, должны быть определены, исходя из доверительной вероятности не менее 0,95.

2.5. Требования к определению области применимости метода расчета ядерной безопасности

2.5.1. Область применимости метода расчета ядерной безопасности упаковочного комплекта должна совпадать с областью применимости метода расчета физической модели упаковочного комплекта.

2.5.2. Область применимости должна определяться как интервал изменений геометрических размеров, составов материалов упаковочного комплекта, внутри которого погрешность метода расчета физической модели упаковочного комплекта должна удовлетворять требованиям п. 1.3.

2.5.3. При определении области применимости должны рассматриваться изменения следующих основных параметров упаковочных комплектов и экспериментальных сборок:

вида и плотности делящегося материала (металл, двуокись, карбид, уран, плутоний);

обогащения;

диаметра твэла;

шага размещения твэла в ТВС;

материала покрытия твэла;

шага размещения ТВС;

материала кожуха ТВС;

материала замедлителя.

2.5.4. Область применимости, ограниченная областью изменения параметров экспериментальных сборок, может быть расширена путем использования зависимости погрешности метода от изменения параметров, перечисленных в п. 2.5.3 с помощью экстраполяции.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫБОРУ ПРОВЕРОЧНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

3.1. Для проверки метода расчета физической модели выбираются эксперименты на критических или подкритических сборках, параметры которых, перечисленные в п. 2.5.3, близки к соответствующим параметрам физической модели упаковочного комплекта.

Параметры сборки считаются близкими к параметрам упаковочного комплекта, если: материалы твэлов и конструкционных элементов экспериментальной сборки совпадают с материалами, принятыми в физической модели упаковочного комплекта, числовые значения обогащения, плотности топлива, диаметра твэла, шаги решеток твэлов и ТВС, отличаются не более чем на 30 %.

3.2. Допускается использовать эксперимент в качестве проверочного, если один из параметров физической модели упаковочного комплекта отличается от соответствующего параметра физической модели экспериментальной сборки больше, чем определено в п. 3.1. При этом необходимо определить погрешность, обусловленную отличием данного параметра физической модели упаковочного комплекта от соответствующего параметра физической модели экспериментальной сборки, на отдельном эксперименте.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРИГОДНОСТИ МЕТОДА РАСЧЕТА ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УПАКОВОЧНОГО КОМПЛЕКТА ПРИ ОТСУТСТВИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

4.1. Если известны результаты расчетов коэффициентов размножения упаковочного комплекта, полученные с помощью метода расчета ядерной безопасности, погрешность и область применения которого установлены в соответствии с требованиями настоящего стандарта, то пригодность рассматриваемого метода расчета ядерной безопасности в этой области применяемости определяют по п. 4.2.

Если результаты таких расчетов неизвестны, то пригодность рассматриваемого метода расчета ядерной безопасности определяют согласно п. 4.3.

4.2. Метод расчета является пригодным, если коэффициент размножения упаковочного комплекта, полученный с его помощью, больше или равен коэффициенту размножения, полученному с помощью метода расчета ядерной безопасности, значения погрешностей которого установлены в соответствии с требованиями разд. 2.

4.3. Метод расчета ядерной безопасности является пригодным, если физические и математические приближения и предположения, которые в нем сделаны, только увеличивают коэффициент размножения по сравнению с действительным.

При рассмотрении приближений и предположений анализируются следующие основные факторы:

упрощения, сделанные при переходе от реальной конструкции упаковочного комплекта к его физической модели;

математические приближения, предположения и упрощения (например, выбор приближения в методе сферических гармоник, применение конечно-разностного метода);

нейтронно-физические константы (сечения) и алгоритмы расчета групповых констант;

граничные условия.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ИЗЛОЖЕНИЮ РАСЧЕТОВ ПРИ ОБОСНОВАНИИ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УПАКОВОЧНОГО КОМПЛЕКТА

5.1. Расчеты для обоснования ядерной безопасности упаковочного комплекта должны содержать:

цель расчета;

эскиз рассчитываемого упаковочного комплекта;

подробное описание конструкции упаковочного комплекта (размеры элементов конструкции, физические характеристики используемых материалов, размеры и физические характеристики ТВС);

краткое описание перехода от реальной конструкции упаковочного комплекта к его физической модели и доказательства консервативности сделанных упрощений (п. 2.2);

подробное описание физической модели упаковочного комплекта, в котором должны быть приведены параметры, перечисленные в п.2.5.3;

краткое описание метода расчета физической модели, используемого при анализе ядерной безопасности упаковочного комплекта, в котором должны быть описаны все параметры метода расчета;

описание способа определения погрешности и пригодности метода расчета ядерной безопасности в соответствии с разд. 2, 3, 4 и величину погрешности в тех случаях, когда она должна быть определена.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В НАСТОЯЩЕМ СТАНДАРТЕ, И ИХ ПОЯСНЕНИЯ

Термин	Пояснение
1. Метод расчета ядерной безопасности	Преобразования, упрощения конструкции упаковочного комплекта, физические и математические приближения, допущения: математические уравнения, граничные условия, соответствующие числовые параметры, расчетные алгоритмы и реализующие их программы для ЭВМ, которые используют для расчета коэффициента размножения нейтронов упаковочного комплекта при анализе его ядерной безопасности
2. Физическая модель упаковочного комплекта или экспериментальной (критической, подкритической или экспоненциальной) сборки ядерного реактора Физическая модель	Модель упаковочного комплекта или экспериментальной сборки ядерного реактора, полученная путем упрощений и преобразований конструкции и материального состава упаковочного комплекта или экспериментальной сборки
3. Математическая модель упаковочного комплекта или экспериментальной сборки	Математическая задача на собственное значение, сформулированная для расчета коэффициента размножения физической модели
4. Метод расчета физической модели	Физические и математические приближения, допущения, соответствующие числовые параметры, уравнения, граничные условия, расчетные алгоритмы и реализующие их программы для ЭВМ, которые использовались для преобразования физической модели в математическую
5. Вычислительный тест	Математическая модель, для которой известно аналитическое или приближенное решение с высокой точностью
6. Погрешность метода расчета физической модели	Мера систематического различия между результатами измерений коэффициента размножения и результатами, полученными с помощью метода расчета физической модели
7. Тепловыделяющая сборка ядерного реактора (ТВС)	По ГОСТ 23082
8. Тепловыделяющий элемент ядерного реактора Твэл	По ГОСТ 23082

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕСТЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ РЕШЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

1. ТЕСТ 1. ЯЧЕЙКА УПАКОВОЧНОГО КОМПЛЕКТА

1.1. Прототип теста

1.1.1. Рассматривается эквивалентная выделенная ячейка упаковочного транспортного комплекта для отработавших тепловыделяющих сборок. ТВС расположены в треугольной решетке с шагом 225 мм в воде.

1.2. Тестовая задача

1.2.1. Физическая модель представляет собой двухзонный цилиндр, бесконечный по высоте.

Расчет проводят в двухгрупповом диффузионном приближении. На внешней границе градиент плотности потока нейтронов обращается в нуль. Характеристики расчетных зон приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры зон тестовой задачи

Зона	Внешний радиус, см	D_1, см	D_2, см	$\Sigma^{(1)}\,c, f, d$, $см^{-1}$	$\Sigma^{(2)}\,c, f, d$, $см^{-1}$	$\nu\Sigma_f^{(1)}$, $см^{-1}$	$\nu\Sigma_f^{(2)}$, $см^{-1}$	$\Sigma_s^{1\to 2}$, $см^{-1}$	X_1	X_2
Центральная	7,213	1,2101	0,3034	0,03046	0,12550	0,008383	0,2186	0,01958	1	0
Внешняя	11,820	1,1664	0,1452	0,05965	0,01864	0	0	0,05886	0	0

Примечания:

1. D_1, D_2 — коэффициенты диффузии в первой и второй группах, соответственно;
2. $\Sigma^{(1)}\,c, f, d$; $\Sigma^{(2)}\,c, f, d$ — сечения увода за счет процессов захвата деления, рассеяния из первой и второй групп, соответственно;
3. $\nu\Sigma_f^{(1)}$, $\nu\Sigma_f^{(2)}$ — произведение числа вторичных нейтронов деления на микроскопическое сечение деления для первой и второй групп, соответственно;
4. $\Sigma_s^{1\to 2}$ — сечение перехода нейтронов из первой во вторую группу вследствие упругого и неупругого рассеяния;
5. X_1, X_2 — доля спектра нейтронов деления в группах один, два, соответственно.

1.3. Результаты

1.3.1. Решение задачи с помощью аналитического метода дает значение коэффициента размножения, равное 0,9030706.

2. ТЕСТ 2. УПАКОВОЧНЫЙ КОМПЛЕКТ

2.1. Рассматривается вариант упаковочного транспортного комплекта для отработавших тепловыделяющих сборок.

Шесть ТВС расположены внутри упаковочного комплекта в воде.

2.2. Тестовая задача

2.2.1. Физическая модель представляет собой цилиндр из воды высотой 350 см и диаметром 140 см.

Внутри цилиндра на окружности с диаметром 80 см расположены равномерно 6 цилиндров, имитирующих ТВС. Высота каждого из 6 цилиндров равна 350 см, диаметр 25 см.

Расчет проводят по программе, реализующей метод Монте-Карло в двухгрупповом приближении. На внешней границе задается условие утечки.

Нейтронно-физические константы расчетных зон приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры зон тестовой задачи

Зона	D_1, см	D_2, см	$\Sigma^{(1)}\,c, f, d$, $см^{-1}$	$\Sigma^{(2)}\,c, f, d$, $см^{-1}$	$\nu\Sigma_f^{(1)}$, $см^{-1}$	$\nu\Sigma_f^{(2)}$, $см^{-1}$	$\Sigma_s^{1\to 2}$, $см^{-1}$	X_1	X_2
Вода	1,1664	0,1452	0,05965	0,01864	0	0	0,05886	0	0
ТВС	1,2521	0,2816	0,03151	0,11830	0,007454	0,20674	0,02202	1	0

2.3. Результаты

Решение задачи для числа историй, равного 260000, дает значение коэффициента размножения, равное 0,94431. Среднеквадратическое отклонение составляет 0,00256.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.09.82 № 3824

2. **ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

3. **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 23082—78	Приложение 1
ГОСТ 26013—83	Вводная часть

4. **ИЗДАНИЕ (март 2004 г.) с Изменением № 1, утвержденным в январе 1988 г. (ИУС 4—88)**

Редактор *М.И. Максимова*
Технический редактор *О.Н. Власова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 17.03.2004. Подписано в печать 30.03.2004. Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,75.
Тираж 118 экз. С 1464. Зак. 365.

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.
http://gost.e-ecolog.ru mail: info@standards.ru
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Отпечатано в филиале ИПК Издательство стандартов — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102

gost.e-ecolog.ru