ГОСТ 28506—90

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

СБОРКИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИЕ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ ТИПА ВВЭР

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ОБОЛОЧЕК ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Издание официальное

БЗ 10—2004

Москва
Стандартинформ
2006

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.039.548.001.4:006.354 Группа Ф67

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

СБОРКИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИЕ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ ТИПА ВВЭР

Методы контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов

ГОСТ 28506—90

Fuel assemblies in nuclear power WWER reactors.
Fuel failure detection methods

МКС 27.120.10
ОКСТУ 6960

Дата введения 01.07.91

Настоящий стандарт распространяется на тепловыделяющие сборки (ТВС) ядерных энергетических водо-водяных корпусных реакторов типа ВВЭР и устанавливает методы контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов тепловыделяющих сборок, отработавших или подлежащих дальнейшей эксплуатации, на остановленном реакторе при стендовых испытаниях.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Методы контроля герметичности оболочек (КГО) тепловыделяющих элементов (твэлов) тепловыделяющих сборок (ТВС) основаны на косвенном измерении утечки из негерметичных твэлов реперных радионуклидов йода-131 или цезия-134 (цезия-137), являющихся продуктами деления урана-235, путем измерения удельной радиоактивности пробы воды из стенда в процессе испытаний ТВС в специальном стенде КГО при остановленном реакторе.

Термины, используемые в стандарте, и их пояснения приведены в приложении 1.

1.2. Инициирование выхода радионуклидов йода-131, цезия-134 (цезия-137) в воду стенда осуществляется изменением давления циркулирующей по контуру стенда воды в процессе выдержки ТВС в этой воде — настаивании.

1.3. Выбор реперных радионуклидов обусловлен их ядерно-физическими характеристиками, приведенными в приложении 2, позволяющими выявить ТВС с негерметичными твэлами: в течение 28 сут с момента остановки реактора — при использовании метода КГО по йоду-131; через 28 сут и позже с момента остановки реактора — при использовании метода КГО по цезию-134 (цезию-137).

1.4. Радионуклиды цезия-134 (цезия-137) самостоятельно используются для обнаружения ТВС с негерметичными твэлами через 28 сут с момента остановки реактора только для контроля отработавших ТВС.

1.5. Обнаружение отработавших ТВС, содержащих негерметичные твэлы, по цезию-134 (цезию-137) осуществляется в течение одного года после окончания их эксплуатации.

2. ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ КОНТРОЛЯ

2.1. Контроль герметичности оболочек твэлов должен проводиться на специальном стенде КГО с дистанционным управлением, пеналы которого расположены в бассейне выдержки.

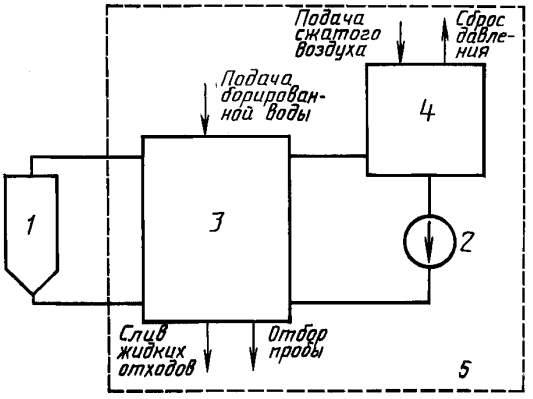
2.2. Стенд КГО, структурная схема которого приведена на черт. 1, состоящий из пенала и арматурного блока, содержит следующие элементы:

циркуляционный насос;

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

© Издательство стандартов, 1990
© Стандартинформ, 2006

Структурная схема стенда КГО



1 — пенал; *2* — насос; *3* — система управления; *4* — компенсатор давления; *5* — арматурный блок

Черт. 1

систему управления, оснащенную приборами для измерения температуры и давления воды в стенде;

компенсатор давления для испытаний ТВС при различных давлениях в стенде;

контур циркуляции воды по стенду для промывки ТВС и настаивания.

2.3. Стенд КГО должен удовлетворять следующим техническим требованиям.

2.3.1. Объем воды в стенде должен быть:

для ВВЭР-440 — от 100 до 200 л;

для ВВЭР-1000 — не более 400 л.

2.3.2. Стенд КГО должен обеспечивать изменение избыточного давления воды в циркуляционном контуре в интервале от $5 \cdot 10^4$ до $5 \cdot 10^5$ Па.

2.3.3. Насос должен обеспечивать такой расход воды в контуре стенда, чтобы время прохождения в теплоносителе реперной точки от начала до конца контура не превышало 5 мин.

2.3.4. Промывка контура циркуляции и ТВС должна проводиться в двух направлениях.

2.4. В стенде КГО должны быть предусмотрены:

подача в компенсатор давления сжатого воздуха, очищенного от пыли и масла, или азота при избыточном давлении до $5 \cdot 10^5$ Па;

подача на стенд технической воды или чистого конденсата со следующими характеристиками: радиоактивность — не более 37 Бк/л; концентрация борной кислоты — 12—16 г/дм^3*;

подача растворов для дезактивации оборудования, арматуры и трубопроводов стенда.

2.5. Приборы, предназначенные для контроля давления и температуры в пенале стенда, должны иметь классы точности не ниже 1,0 и 0,5 соответственно.

2.6. Измерение удельной активности радионуклидов в пробах воды из стенда КГО осуществляется на спектрометрической установке, состоящей из детектора гамма-излучения, имеющего разрешение не более $8{,}0 \cdot 10^{-4}$ пДж по гамма-линии 0,21 пДж кобальта-60 и многоканального амплитудного анализатора с числом каналов не менее 1000, с последующей обработкой полученных результатов на ЭВМ и выводом результатов на цифропечатающее устройство. Алгоритм обработки приведен в разд. 5.

2.7. Погрешность измерения удельной активности с помощью спектрометрической установки не должна превышать 15 % при доверительной вероятности $P = 0{,}99$.

---

* Концентрация борной кислоты в указанных единицах измерена при нормальных условиях: 25 °С и 0,1 МПа.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ КОНТРОЛЯ

3.1. Для проверки на герметичность ТВС необходимо поместить в пенал стенда КГО и провести промывку ТВС.

3.2. Перемещение ТВС в пенал стенда КГО производится в воде в соответствии с техническими условиями на кассету ТВС реактора данного типа.

3.3. Промывка ТВС должна проводиться сначала при открытой, потом при закрытой крышке пенала.

3.3.1. При открытой крышке пенала ТВС следует промывать встречным потоком воды в течение времени опускания в пенал.

3.3.2. При закрытой крышке пенала ТВС следует промывать в двух направлениях, не менее 5 мин в каждом направлении.

Количество воды, необходимое для промывки в каждом направлении, должно составлять не менее двух объемов стенда.

3.3.3. Качество промывки ТВС характеризуется значением удельной активности радионуклидов марганца-54, одного из продуктов коррозии в воде стенда КГО.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ КОНТРОЛЯ

4.1. Испытание ТВС должно проводиться при циркуляции воды по контуру стенда (без замены воды) и состоять из двух последовательных циклов настаивания:

первый цикл — настаивание при избыточном давлении в контуре стенда $(4{,}0—5{,}0)\cdot10^5$ Па в течение 5 мин;

второй цикл — настаивание при избыточном давлении $1{,}0\cdot10^5$ Па в течение времени, кратного периоду циркуляции воды в контуре стенда, но не менее 4 мин.

4.2. Период циркуляции для каждого цикла определяется экспериментально на каждом конкретном стенде.

4.3. Пробу из стенда КГО следует отбирать в течение всего второго цикла непрерывно, равномерной струей.

Перед отбором пробы необходимо произвести дренаж всей воды, находящейся в пробоотборной линии.

4.4. При испытании бесчехловых ТВС (реакторов типа ВВЭР-1000) настаивание при давлении $1{,}0\cdot10^5$ Па следует проводить в течение 20 мин до полного перемешивания воды в стенде КГО.

Отбор пробы следует проводить после предварительного дренажа в конце режима настаивания в течение 1—10 с.

4.5. Расположение точки отбора пробы на стенде КГО определяется конструкцией арматурного блока.

4.6. В пробе воды, взятой из стенда КГО, на спектрометрической установке определяются:

значение удельной активности реперных радионуклидов йода-131, цезия-134 (цезия-137);

значение удельной активности радионуклидов марганца-54.

4.7 Проба воды из стенда, взятая во время настаивания, должна характеризовать радиоактивность воды в стенде по измеряемым радионуклидам с погрешностью не более 10 %, при погрешности отбора пробы не более 5 %.

4.8. Исследование отработавших ТВС и обработка результатов измерений по цезию-134 (цезию-137) приводятся так же, как и по йоду-131.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Для выявления ТВС, содержащих твэлы с негерметичными оболочками, проводится анализ статистического распределения полученных при проверке ТВС данных по активности одного из реперных радионуклидов: йода-131 или цезия-134 (цезия-137) и продуктов коррозии (марганца-54) в воде стенда КГО.

5.2. Для каждой ТВС, исследуемой на стенде КГО, определяют:

a_i, Бк/л — значение удельной активности радионуклидов йода-131 или цезия-134 (цезия-137) в пробе на момент остановки реактора;

a_i', Бк/л — значение удельной активности радионуклидов марганца-54 в пробе на момент остановки реактора.

5.3. Для полученной совокупности данных вычисляют средние арифметические значения удельной активности радионуклидов йода-131 или цезия-134 (цезия-137), ($\bar{a}$) и марганца-54 ($\bar{a}'$) по формулам (1), (2) и их средние квадратические отклонения (σ_a, σ_a') по формулам (3), (4):

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} a_i; \tag{1}$$

$$\bar{a}' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} a_i'; \tag{2}$$

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (a_i - \bar{a})^2}{n-1}}; \tag{3}$$

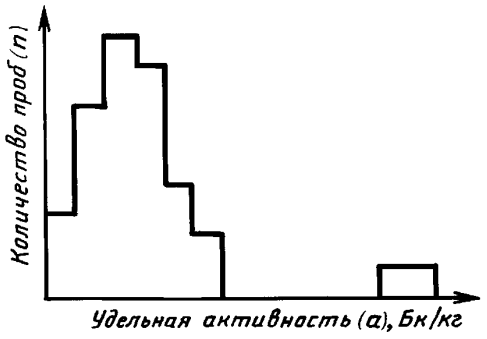
$$\sigma_a' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (a_i' - \bar{a}')^2}{n-1}}, \tag{4}$$

где n — число проверяемых ТВС.

Примечание. Суммирование проводится по всем ТВС, при этом n — число ТВС, не менее 20.

5.4. Одновременно строится гистограмма распределения числа ТВС по активности реперного радионуклида в соответствии с требованиями черт. 2.

Гистограмма статистического дифференциального распределения удельной активности продуктов деления (йода-131, цезия-134, цезия-137) в пробах из стенда КГО.



Черт. 2

5.4.1. ТВС, для которых выполняется условие:

$$a_i \le \bar{a} + 3\,\sigma_a, \tag{5}$$

следует считать герметичными.

5.4.2. ТВС, для которых выполняются условия:

$$a_i > \bar{a} + 3\,\sigma_a; \tag{6}$$

$$a_i' \le \bar{a}' + 3\,\sigma_a', \tag{7}$$

следует считать содержащими твэлы с негерметичными оболочками.

5.5. Если в результате проверки выявлена ТВС, содержащая твэлы с негерметичными оболоч-

ками, то проводят повторный расчет значений a и σ_a, и проверку по формулам (5), (6), (7) — для ТВС, удовлетворяющих условию (5) по результатам предыдущей проверки.

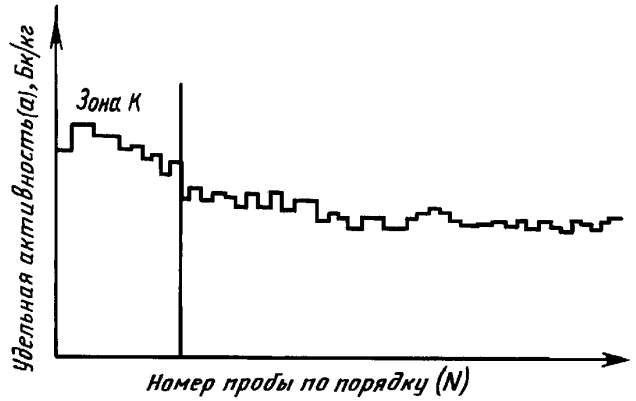
5.6. Повторные расчеты с целью выявления ТВС, содержащих твэлы с негерметичными оболочками, проводят до тех пор, пока все ТВС, последовательно включаемые в повторный расчет, будут удовлетворять условию (5).

5.7. ТВС, удовлетворяющие условию (6) и, одновременно, не удовлетворяющие условию (7) подвергаются повторному испытанию на стенде КГО.

5.8. ТВС, которые проверялись на стенде сразу за негерметичными ТВС и для которых выполняется условие (6), подлежат повторному испытанию на стенде КГО.

5.9. Группа ТВС, проверенных подряд (зона *К* черт. 3), должна быть подвергнута повторному испытанию в следующих случаях: если значения по йоду-131 (цезию-134, цезию-137) удельных активностей группы проверенных подряд ТВС превышают значения $\bar{a}$ в два и более раз, или если превышают значение $\bar{a} + 3\sigma_a$, вычисленное для всех остальных ТВС.

Удельная активность продуктов деления (йода-131, цезия-134, цезия-137)



Черт. 3

5.10. Если обнаружение негерметичных ТВС по йоду-131 затруднено, то есть одновременно выполняются условия

$$a_i \simeq \bar{a} + 3\,\sigma_a \quad \text{и} \quad a_i' \leq \bar{a}' + 3\,\sigma_a,$$

то дополнительно используются данные исследования по удельной активности радионуклидов цезия-134 (цезия-137).

6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. При проведении исследований ТВС при помощи данных методов необходимо соблюдать требования следующей документации: НРБ-76 «Нормы радиационной безопасности», ОСП-72 «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений», ПБЯ-04 «Правила ядерной безопасности атомных электростанций».

6.2. В каждой из смен проведением КГО должен заниматься персонал стенда, прошедший предварительное обучение и сдавший экзамен на право работы на стенде.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

Термины, используемые в стандарте, и их пояснения

Термин	Пояснение
Твэл	По ГОСТ 23082
Негерметичный твэл	Твэл, в оболочке которого имеется сквозное повреждение
Реперный радионуклид	Радионуклид, используемый в качестве образцового, по выходу которого из твэла судят о герметичности оболочки твэла, так как он обладает ядерно-физическими характеристиками, позволяющими надежно его регистрировать в условиях эксперимента

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

Ядерно-физические характеристики нуклидов

Нуклиды	Период полураспада	Энергия гамма-квантов *E*, кэВ	Выход линий, %
Йод-131	8,02 сут	364,49	79,0
Цезий-134	2,062 года	604,7	98,0
		795,8	88,0
Цезий-137	30,174 года	661,63	84,8

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Министерством атомной энергетики и промышленности СССР

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 30.03.90 № 736

3. ВЗАМЕН ОСТ 95 866—81

4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, приложения
ГОСТ 23082—78	Приложение 1
НРБ—76/87	6.1
ОСП—72/87	6.1
ПБЯ—04—74	6.1

5. ПЕРЕИЗДАНИЕ. Ноябрь 2005 г.

Редактор *Л.А. Шебаронина*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 07.11.2005. Подписано в печать 28.12.2005. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ.л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,60. Тираж 38 экз. Зак. 277. С 2325.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано и отпечатано во ФГУП «Стандартинформ».

gost.e-ecolog.ru