ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Федеральная служба
по экологическому, технологическому и атомному надзору

Утверждено
приказом
Федеральной службы
по экологическому,
технологическому
и атомному надзору
от 24 мая 2010 г.
№ 406

ПОЛОЖЕНИЕ О ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК С УРАН-ПЛУТОНИЕВЫМ (МОКС) ТОПЛИВОМ

РБ-057-10

Введено в действие
с 24 мая 2010 г.

Москва 2010

gost.e-ecolog.ru

ПОЛОЖЕНИЕ О ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК С УРАН-ПЛУТОНИЕВЫМ (МОКС) ТОПЛИВОМ. РБ-057-10

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору
Москва, 2010

Положение о проектировании и изготовлении тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок с уран-плутониевым (МОКС) топливом (далее – Положение) носит рекомендательный характер и не является нормативным правовым актом.

Настоящее Положение содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполняемых при проектировании (разработке) тепловыделяющих элементов, тепловыделяющих сборок с уран-плутониевым (МОКС) топливом и их составных частей, обоснованию проектных решений расчетно-аналитическими и экспериментальными методами, а также рекомендации по их изготовлению, порядку, методам и объему производственного контроля.

Положение распространяется на деятельность, связанную с проектированием и изготовлением тепловыделяющих элементов с таблетированным оксидным уран-плутониевым (МОКС) топливом и тепловыделяющих сборок, в состав которых входят тепловыделяющие элементы с МОКС-топливом, для атомных станций с реакторами типа ВВЭР и БН.

Положение разработано с учетом рекомендаций документов МАГАТЭ: Quality Assurance in the Procurement, Design and Manufacture of Nuclear Fuel Assemblies. IAEA Safety Guide, Safety Series No. 5-SG-QA11.

Выпускается впервые [1].

В настоящем документе применяются следующие сокращения:

АЗ	– активная зона
АС	– атомная станция
БН	– реактор на быстрых нейтронах
ВВЭР	– водо-водяной энергетический реактор
КД	– конструкторская документация
НИР	– научно-исследовательская работа
НТД	– нормативно-технический документ
ОКР	– опытно- конструкторская работа
ОТК	– отдел (служба) технического контроля
РКД	– рабочая конструкторская документация
РУ	– реакторная установка
СУЗ	– система управления и защиты
ТВС	– тепловыделяющая сборка
твэл	– тепловыделяющий элемент
ТД	– технологическая документация
ТЗ	– техническое задание
ТУ	– технические условия

[1] Разработано коллективом авторов в составе Р.Б. Шарафутдинова, М.А. Непейпиво, В.А. Денисова (НТЦ ЯРБ), В.А. Неретина (Ростехнадзор).

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1. Положение о проектировании и изготовлении тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок с уран-плутониевым (МОКС) топливом (далее – Положение) входит в число руководств по безопасности, носит рекомендательный характер и не является нормативным правовым актом.

2. Настоящее Положение содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (далее – Ростехнадзор) по проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполняемых при проектировании (разработке) твэлов, ТВС с уран-плутониевым (МОКС) топливом и их составных частей, обоснованию проектных решений расчетно-аналитическими и экспериментальными методами, а также рекомендации по их изготовлению, порядку, методам и объему производственного контроля.

3. Настоящее Положение распространяется на проектирование и изготовление твэлов с таблетированным оксидным уран-плутониевым (МОКС) топливом (далее – твэлы) и ТВС, в состав которых входят твэлы с МОКС-топливом (далее – ТВС), для АС с реакторами типа ВВЭР и БН.

4. Термины и определения приведены в приложении № 1 к настоящему Положению.

II. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТВЭЛОВ И ТВС

Общие положения

5. Проектирование (разработка) твэлов, ТВС и их составных частей в общем случае предусматривает:

- разработку ТЗ на ОКР;
- проведение ОКР, включающей разработку технической документации (КД и ТД), изготовление и испытание опытных образцов, приемку результатов ОКР;
- постановку на производство, включающую подготовку и освоение производства, изготовление установочной серии и квалификационные испытания.

6. При проектировании твэлов, ТВС и их составных частей учитываются исходные требования к РУ, АЗ и ее составным частям (системе управления и защиты, ее рабочим органам, поглощающим элементам, источникам нейтронов, измерительным твэлам и т.д.), которые устанавливаются ТЗ на ОКР.

7. Требования к комплектности научно-технической, проектной, конструкторской и технологической документации и ее оформлению устанавливаются федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии, государственными и отраслевыми стандартами, стандартами организаций и иными НТД.

8. Все работы по проектированию твэлов, ТВС и их составных частей являются объектами деятельности по обеспечению качества.

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы

9. НИР проводятся как до начала ОКР, так и на стадии ОКР.

10. Теоретические и экспериментальные исследования при проектировании твэлов, ТВС и их составных частей включают: разработку и построение моделей состояния и поведения твэлов и ТВС при эксплуатации в РУ; получение и обоснование данных по эксплуатационным характеристикам твэлов и ТВС и их изменению при эксплуатации в АЗ; обоснование допущений; выявление необходимости проведения экспериментов для подтверждения теоретических исследований и проверки правильности принятых технических и конструкторско-технологических решений и получения конкретных значений параметров, необходимых для проведения расчетов; разработку методики экспериментальных исследований; подготовку моделей (макетов, экспериментальных образцов); проведение экспериментов; сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями; корректировку, при необходимости, теоретических моделей исследований.

11. При проектировании твэлов, ТВС и их составных частей учитываются нагрузки, процессы и воздействия, которые возникают при их эксплуатации в АЗ, проведении контроля при эксплуатации, установке и выгрузке из АЗ, хранении, транспортировании, осмотре, проведении испытаний и производственном контроле. Свойства твэлов и ТВС анализируются с учетом максимально допустимых нагрузок и воздействий.

12. К основным нагрузкам и воздействиям на твэлы, возникающим при их эксплуатации в составе ТВС в АЗ, которые могут привести к изменению геометрии и формы твэлов, накоплению повреждений в оболочке, разгерметизации оболочки и отказу твэла, относятся:

- перегревы оболочки твэла вследствие ее окисления и отложения продуктов коррозии, а также локальных неравномерностей охлаждения твэлов;
- термомеханические напряжения, обусловленные градиентом температур и различны-

ми коэффициентами термического расширения топливного сердечника и оболочки;
- термомеханические воздействия вследствие асимметрии температурных полей из-за неравномерности нейтронного потока и несимметричности теплосъема;
- фрикционное взаимодействие топливного сердечника и оболочки;
- коррозионные и фреттинг-коррозионные воздействия со стороны теплоносителя;
- механическое воздействие на оболочку распухающего топливного сердечника;
- давление газообразных продуктов деления под оболочкой твэла;
- коррозионное воздействие со стороны агрессивных по отношению к оболочке продуктов деления;
- нейтронное облучение, приводящее к изменению механических свойств и структуры материалов.

13. При конструировании твэлов и их составных частей учитывается следующее.

Для режима нормальной эксплуатации и переходных процессов:
- распределение температуры внутри оболочки твэла, теплопередача между таблеткой и оболочкой, распределение температуры в топливе;
- изменение структуры топлива;
- взаимодействие таблетки с оболочкой твэла;
- распухание и уплотнение таблеток, влияние эффекта уплотнения таблеток на линейную плотность энерговыделения и теплоперенос (для ВВЭР);
- возникновение напряжений в оболочке, деформации и увеличение ее объема, удлинение оболочки вследствие облучения;
- изменение размеров и геометрии твэлов (прогиб, распухание, удлинение, коробление);
- взаимодействие конструкционных элементов твэлов, ТВС и теплоносителя;
- усталостные явления в конструкционных элементах твэлов;
- окисление и наводораживание (гидрирование) оболочки твэла (для ВВЭР);
- выделение газообразных продуктов деления и зависимость от выгорания и истории облучения;
- коррозия внутренней и внешней поверхности оболочки твэла (в том числе фреттинг-коррозия), формирование слоев продуктов коррозии и влияние коррозии на теплопередачу.

При нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии:
- взаимодействие между элементами твэлов и ТВС;
- распределение температуры и окисление оболочки твэла (для ВВЭР);
- распухание и уплотнение топлива;
- взаимодействие материала оболочки твэла с водой (для ВВЭР).

14. При конструировании твэлов также учитываются возможные при изготовлении отклонения геометрии и формы твэла, несплошность оболочки и топливного сердечника, отклонения от номинальных значений содержания легирующих элементов в материалах и состав топлива.

15. Обоснование проектных решений включает подтверждение расчетными или экспериментальными методами выполнения следующих условий.

При нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации:
- не происходит разрушения оболочки твэла с образованием осевого зазора (неплотности);
- температура топливных таблеток и оболочки не превышает предельную температуру топлива, обусловленную температурой плавления и зависящую от выгорания;
- предельное внутреннее давление газов, вызванное образованием и выделением газообразных продуктов деления и повышением давления в твэле, не превышает давление теплоносителя, если только не продемонстрировано, что внутреннее давление в твэле не окажет недопустимого воздействия на поведение твэла;
- предельная линейная мощность твэла не превышает установленных величин;
- величина скачка мощности, определяемая как разность между локальной линейной нагрузкой в твэле в конце и начале цикла нагружения, не превышает установленных пределов;
- деформации оболочки твэла, т.е. прогиб твэла, его искривление, удлинение диаметра оболочки твэла, удлинение оболочки, уплотнение и распухание твэла не превышают предельные деформации;
- изменения диаметра твэла ограничиваются предельным значением, обеспечивается работоспособность в дистанцирующих решетках с требуемой силой трения, фреттинг-коррозия и фреттинг-износ оболочки ограничиваются допустимыми значениями, теплогидравлические характеристики обеспечивают надежный теплосъем;
- повреждения, вызванные взаимодействием топлива с оболочкой, не превышают значений, установленных с учетом напряжения, вызванного коррозией;
- окружные напряжения в оболочке не превышают порогового напряжения, при котором

исходный (допустимый при изготовлении) технологический дефект не подрастает и оболочка не накапливает повреждений;
- расчетная вязкопластическая деформация не превышает пороговой вязкопластической деформации, накапливаемой оболочкой в процессе эксплуатации;
- максимальное эквивалентное напряжение в оболочке твэла не превышает предела текучести материала оболочки;
- обеспечивается сохранение окружной устойчивости оболочки, расчетное предельное наружное напряжение, вызывающее потерю устойчивости оболочки, не превышает давления теплоносителя;
- накопленная суммарная повреждаемость оболочки твэла под действием длительных циклических и статических нагрузок не превышает предельного значения повреждаемости;
- толщина оксидной пленки на внешней поверхности оболочки и концентрации гидридов (для ВВЭР) на конец компании топлива не превышает установленного предельного значения;
- фреттинг-коррозия оболочек не приводит к недопустимому снижению прочности и повреждению целостности оболочек в течение всего срока эксплуатации твэлов.

При проектных авариях (включая аварии с потерей теплоносителя и аварии с быстрым увеличением реактивности):
- ограничиваются параметры процессов, которые могут привести к деградации твэла, не совместимой со стержневой геометрией, или вызвать дополнительный выход механической энергии;
- охрупчивание оболочки твэла ограничивается допустимыми величинами, максимальная глубина локального окисления оболочки, максимальная температура оболочки не превышают установленных величин (для ВВЭР);
- доля прореагирующего с паром циркония в АЗ не превышает установленных величин (для ВВЭР);
- температуры топлива не превышает температуры плавления (зависящей от выгорания);
- при аварии, вызванной возрастанием реактивности, величина энтальпии не превышает величину максимальной усредненной по сечению (среднерадиальной) энтальпии топлива в любой точке АЗ.

16. При разработке конструкции ТВС и их составных частей рассматриваются следующие нагрузки и воздействия:
- гравитационные нагрузки;
- гидравлические нагрузки, возникающие в результате выталкивания ТВС;
- динамические нагрузки, возникающие из-за вибраций при прохождении теплоносителя через АЗ;
- механические напряжения конструкционных элементов ТВС и их соединений, возникающие вследствие взаимодействия конструкционных элементов твэлов и ТВС, ТВС и теплоносителя в условиях давления теплоносителя;
- термические напряжения от теплового потока;
- циклические и термоциклические нагрузки, возникающие при изменениях мощности РУ;
- нагрузки, возникающие при падении рабочих органов системы управления защитой, в том числе при ударном взаимодействии;
- осевые и поперечные нагрузки, возникающие при нарушении нормальной эксплуатации, в частности, при аварии, связанной с потерей теплоносителя и землетрясении.

17. При проектировании ТВС и их составных частей рекомендуется учитывать следующее.

Для режима нормальной эксплуатации и переходных процессов:
- механические напряжения конструкционных элементов ТВС и их соединений, возникающие при облучении и повышении давления теплоносителя;
- взаимодействие конструкционных элементов твэлов, ТВС и теплоносителя;
- характеристики ударного взаимодействия;
- вибрационные нагрузки;
- изменение размеров и геометрии ТВС (изгиб, деформация конструкционных элементов);
- изменение геометрии размещения твэлов;
- прочность конструкционных элементов ТВС при осевом и поперечном сжатии;
- усталостные явления в конструкционных элементах ТВС.

При нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии:
- взаимодействие между элементами ТВС и АЗ;
- закупоривание ТВС;

- взаимодействие материала конструкционных элементов ТВС с водой (для ВВЭР).

18. На этапе проектирования твэлов ТВС исследуются следующие характеристики процессов и явлений:

- температуры плавления топлива, оболочки, дистанционирующих элементов для всех условий эксплуатации и при проектных авариях;
- температуры начала физико-химического или металлургического взаимодействия между топливом и оболочкой, теплоносителем и оболочкой, топливом и теплоносителем;
- совокупности величин, определяющих кризис теплоотвода (для ВВЭР);
- величины давления потери устойчивости оболочки, включая потерю устойчивости вследствие ползучести;
- величины напряжения коррозионного растрескивания и глубина прорастания трещины в оболочке;
- величины коррозии со стороны теплоносителя, включая локальное окисление при нормальных условиях эксплуатации;
- величины окисления оболочки и доли прореагировавшего циркония при проектной аварии (для ВВЭР);
- величины деформации, в том числе при проектной аварии, по предельному напряженному состоянию и по длительной прочности материала оболочки;
- количество и величины циклических, реверсивных и односторонних деформаций;
- величины динамических нагрузок, в том числе при максимальном расчетном землетрясении.

19. Для конкретной РУ, конфигурации АЗ, типа топливной загрузки, типов твэла и ТВС устанавливаются и обосновываются указанные ниже пределы и ограничения, определяющие условия выполнения требований к твэлам и ТВС, установленных федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии:

- глубина выгорания ТВС, твэла и таблетки (средние и максимальные значения);
- максимальный флюенс быстрых нейтронов, максимальная повреждающая доза (для БН);
- линейная тепловая нагрузку на твэл (средняя, максимальная);
- предельная линейная мощность твэла, допустимое значение скачка линейной нагрузки в твэле;
- максимальная усредненная по сечению (среднерадиальная) энтальпия, предельная энтальпия твэла при проектных авариях;
- максимальная температура топлива, оболочки твэла, температурное распределение при нормальной эксплуатации и при нарушении нормальной эксплуатации, включая проектные аварии;
- предельные напряжения, тепловые и механические нагрузки элементов конструкции твэла (в том числе максимальные напряжения в оболочке твэла, его упругость и эластичность, максимальное эквивалентное напряжение в оболочке твэла, гидравлические нагрузки, усталостная прочность оболочки);
- предельно допустимая неупругая деформация оболочки твэла;
- предельное давление газов под оболочкой твэла;
- предельные величины деформации элементов конструкции твэла и ТВС (допустимый диапазон изменения диаметра оболочки твэла, длины твэла, допустимые изменения геометрии твэла, каркаса ТВС);
- максимальная глубина окисления оболочки твэла (для ВВЭР);
- предельное охрупчивание оболочки твэла при проектных авариях (для ВВЭР).

20. Обосновываются также продолжительность работы ТВС на номинальном уровне мощности между перегрузками, срок службы и срок хранения ТВС от момента изготовления до установки в РУ.

21. Количественные значения устанавливаются с коэффициентами запаса, которые определяются в ходе расчета с учетом погрешности методик, программ и расчетов, экспериментальным путем с учетом технологических допусков при изготовлении твэлов и ТВС, а также на основании опыта эксплуатации РУ с рассматриваемыми или аналогичными видами ядерного топлива.

22. Технические и конструкторско-технологические решения обосновываются расчетно-аналитическими и (или) экспериментальными исследованиями и подтверждаются результатами эксплуатации на АС.

23. Расчетно-аналитические исследования, проводимые при проектировании твэла и ТВС, включают получение и обоснование данных по эксплуатационным характеристикам твэлов и ТВС и их изменению при эксплуатации в АЗ, определение ресурса работы, анализ состояния при различных аварийных ситуациях.

24. Расчеты проводятся с использованием математических моделей, разработанных на основе фундаментальных физических законов, результатов исследований процессов и явлений,

протекающих в АЗ и во внутритвэльной среде, а также свойств топливных и конструкционных материалов.

25. Экспериментальные исследования проводятся с целью отработки конструкции твэлов, ТВС и их составных частей, проверки работоспособности твэлов и ТВС, обоснования показателей надежности, исследования изменения свойств материалов при облучении и изучения эксплуатационных характеристик твэлов и ТВС.

26. Экспериментальные исследования включают:

- механические испытания экспериментальных и опытных образцов твэлов и ТВС на стендах, имитирующие рабочие условия эксплуатации, испытания в ампульных устройствах;
- испытания экспериментальных образцов в условиях облучения, приближенных к реальным условиям эксплуатации, проводимые в экспериментальных реакторных петлях, исследовательских реакторах, реакторные испытания экспериментальных и опытных образцов твэлов и ТВС в АЗ реакторов энергетических установок.

27. Для проведения экспериментальных исследований на этапах подготовки эскизного и технического проектов разрабатываются, изготавливаются и испытываются макеты и экспериментальные образцы твэлов, ТВС и их составных частей.

28. Программы и методики испытаний макетов и экспериментальных образцов твэлов и ТВС разрабатываются в соответствии с требованиями НТД.

29. Механические испытания и испытания в ампульных устройствах проводятся с целью экспериментального исследования механических свойств конструкционных элементов ТВС (поперечная, продольная прочность, прочность на скручивание, износ, изгибная жесткость, ударо- и вибростойкость), изменений механических свойств, геометрии и размещения решетки ТВС в условиях, имитирующих реальные условия эксплуатации, исследования поведения ТВС в условиях вибрации и при гидравлических нагрузках, износа конструкционных элементов ТВС, определения протечек через уплотнения хвостовиков и т.д.

30. Испытания образцов твэлов и ТВС в условиях облучения проводятся с целью исследования изменения свойств топлива и конструкционных элементов твэлов и ТВС под воздействием излучения, установления предельных значений деформаций при распухании и изгибе твэлов, распухании и деформации ТВС; исследования процессов отложения продуктов коррозии, релаксации поддерживающей пружины и пружин решетки ТВС (для ВВЭР).

31. Реакторные испытания экспериментальных и опытных образцов твэлов и ТВС в РУ и их исследования после испытаний проводятся с целью экспериментального подтверждения свойств конструкционных элементов ТВС и их изменений в реальных условиях эксплуатации. Испытания проводятся по программам и методикам реакторных испытаний и исследований экспериментальных и опытных образцов.

32. Программа проведения испытаний экспериментальных и опытных ТВС в АЗ действующих АС разрабатывается в соответствии с требованиями НТД и включает следующую информацию:

- цель проведения испытаний, перечень работ и их описание с указанием места их проведения (блок АС, хранилище ядерного топлива и т.д.);
- описание программ и методик испытаний и исследований, в том числе после извлечения ТВС из АЗ;
- обоснование ядерной и радиационной безопасности при проведении испытаний, описание технических и организационных мер по обеспечению ядерной безопасности;
- теплогидравлические и нейтронно-физические расчеты АЗ с испытываемыми ТВС;
- критерии и контроль правильности завершения ядерно-опасных работ;
- описание технологии транспортно-технологических операций;
- сведения о внесении изменений в проектную, конструкторскую, технологическую и эксплуатационную документацию (технологического регламента эксплуатации блока АС);
- указание о назначении ответственного лица за проведение ядерно-опасных работ.

33. При опытно-промышленной и промышленной эксплуатации РУ подтверждаются данные, характеризующие механические и прочностные свойства твэлов и ТВС, прогноз изменения этих свойств в условиях эксплуатации, а также данные, характеризующие скорости окисления и осаждения продуктов коррозии и т. д.

34. Рекомендуемые методы обоснования функциональных требований к ТВС при нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации АЗ и при нагрузках, возникающих вне АЗ (изготовлении, хранении и транспортно-технологических операциях) представлены в приложении № 2 к настоящему Положению.

35. Рекомендуемые методы обоснования функциональных требований к твэлам при нормальной эксплуатации АЗ, нарушениях нормальной эксплуатации (авариях) и при нагрузках, возникающих вне АЗ (изготовлении, хранении и транспортно-технологических операциях) представлены в приложении № 3 к настоящему Положению.

Испытания опытных образцов, подготовка и освоение производства

36. С целью оценки и контроля качества результатов, полученных на определенных этапах ОКР, изготавливаются опытные образцы (опытная партия) твэлов и ТВС, которые затем подвергаются контрольным испытаниям по категориям предварительных и приемочных испытаний.

37. К началу проведения испытаний завершают мероприятия по их подготовке, предусматривающие:

- проверку наличия, годности и готовности на месте проведения испытаний средств материально-технического и метрологического обеспечения, гарантирующих создание условий и режимов, соответствующих указанным в программе испытаний;
- обеспечение условий ядерной и радиационной безопасности и условий, исключающих несанкционированное распространение ядерных технологий, оборудования и материалов;
- обучение и, при необходимости, аттестацию персонала, допускаемого к испытаниям.

38. Методики испытаний, применяемые для определения соответствия твэлов и ТВС обязательным требованиям, аттестуются в установленном порядке.

39. В состав комиссии изготовителя, проводящей приемочные испытания твэлов, ТВС и их составных частей, могут быть включены представители заинтересованных организаций и Ростехнадзора. О проведении испытаний изготовителем Ростехнадзор уведомляется заблаговременно.

40. Подготовка и освоение производства (постановка на производство) проводятся с целью обеспечения его готовности к изготовлению и выпуску (поставке) твэлов, ТВС и их составных частей в заданном объеме в соответствии с требованиями КД и НТД.

41. Подготовка производства твэлов и ТВС считается законченной, когда изготовителем получена вся необходимая документация, разработана (отработана) ТД на их изготовление, опробованы и отлажены средства технологического оснащения и технологические процессы, производство укомплектовано персоналом, имеющим необходимую квалификацию и допущенным в установленном порядке к самостоятельной работе для производства работ по изготовлению, проведению испытаний и контролю твэлов и ТВС, обеспечены ядерная и радиационная безопасность при их производстве, проведении испытаний и контроле и условия, исключающие несанкционированное распространение ядерных технологий, оборудования и материалов.

42. С целью оценки готовности предприятия к выпуску твэлов и ТВС в заданном объеме на этапе освоения производства проводятся квалификационные испытания, которые включают, в том числе проверку оснащения предприятия технологическим оборудованием, оснасткой и средствами контроля, достаточности и качества проведения контроля при производстве продукции, в частности, метрологического обеспечения, а также стабильности выполнения основных и вспомогательных технологических операций.

43. В состав комиссии, проводящей испытания, включают, как правило, представителей разработчика продукции, разработчиков и поставщиков комплектующих изделий, при необходимости, Ростехнадзора и других заинтересованных сторон.

III. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТВЭЛОВ И ТВС

Общие положения

44. Изготовление твэлов, ТВС и их составных частей, полуфабрикатов и комплектующих является объектом деятельности по обеспечению качества.

45. Для обеспечения требуемого качества твэлов, ТВС и их составных частей проводится контроль соответствия материалов, полуфабрикатов и комплектующих, поставляемых для их изготовления, требованиям ТУ и КД; производство твэлов, ТВС и их составных частей осуществляется в соответствии с ТД и проводится производственный контроль в соответствии с установленными требованиями.

46. Контроль качества твэлов и ТВС, поставляемых полуфабрикатов и комплектующих проводится поставщиком и изготовителем с участием (при необходимости) заказчика в соответствии с требованиями НТД, ТУ, РКД и ТД изготовителей в объеме, предусмотренном ТД (согласно ведомости операций контроля). Форма и содержание документа о качестве определяются по согласованию между изготовителем и потребителем.

Производственный контроль при изготовлении твэлов, ТВС и их составных частей

47. При изготовлении твэлов, ТВС и их составных частей в процессе и после завершения изготовления проводится производственный (операционный и приемочный) контроль.

48. Операционный контроль проводится во время выполнения или после завершения тех-

нологической операции и может включать как контроль продукции, так и контроль технологического процесса. Операционный контроль при изготовлении твэлов и ТВС, а также полуфабрикатов и комплектующих, в состав которых входят плутонийсодержащие материалы, является предпочтительным.

49. Приемочный контроль проводится после завершения изготовления изделия при приемке продукции и заключается в проверке соответствия продукции требованиям, установленным в стандартах, КД, ТУ, договоре на поставку. Приемочный контроль включает периодические и приемосдаточные испытания.

50. Производственный контроль твэлов, ТВС и их составных частей проводится технологическим персоналом и ОТК изготовителя в соответствии с требованиями РКД, ТД и ТУ.

51. Операционный контроль продукции (процесса) проводится технологическим персоналом изготовителя по технологическому процессу изготовителя, согласованному с разработчиком. Контролируемые параметры и планы операционного контроля определяются операционными картами технического контроля.

52. Для контроля качества и приемки изготовленных твэлов, ТВС и их составных частей проводятся периодические и приемосдаточные испытания, которые в совокупности обеспечивают достоверную проверку всех свойств твэлов, ТВС и их составных частей, подлежащих контролю, на соответствие требованиям стандартов, КД и ТУ.

53. Периодические и приемосдаточные испытания проводятся изготовителем (поставщиком). К участию в испытаниях могут быть привлечены другие заинтересованные стороны, в том числе представители потребителя (заказчика), разработчика и Ростехнадзора. О проведении испытаний Ростехнадзор уведомляется заблаговременно.

54. Периодические испытания проводятся с целью подтверждения качества твэлов, ТВС и их составных частей, стабильности технологического процесса в установленный период для продолжения их изготовления по действующим КД и ТД.

55. Изготовленные твэлы, ТВС и их составные части до отгрузки, передачи или продажи заказчику подлежат приемке с целью установления их соответствия требованиям, установленным НТД и (или) ТУ. Приемочный контроль твэлов, ТВС и их составных частей проводится ОТК изготовителя.

56. Испытания проводятся в соответствии с требованиями ТУ на изготовленные твэлы, ТВС и их составные части, правилами приемки и методами испытаний.

57. В ТУ на твэлы, ТВС и их составные части указываются методики измерений или ссылки на документы, содержащие полное изложение методик.

58. При испытаниях и контроле применяются поверенные и откалиброванные средства измерения и контроля (приборы, установки), соответствующие технической документации на них, а испытательное оборудование аттестуется в установленном порядке.

59. В документах, по которым проводятся испытания, в общем случае приводится (непосредственно либо в виде ссылок на другие документы) следующая информация:

- требования к изготовленным твэлам, ТВС и их составным частям, подлежащим контролю;
- виды испытаний, включая состав проверок, последовательность их проведения и распределение проверок по видам испытаний;
- требования к количеству единиц продукции, отбираемых для каждого вида испытаний этой продукции, установленной в документах, а также к порядку отбора единиц продукции (планы контроля);
- методы испытаний, условия (режимы) испытаний;
- требования к средствам испытаний (пределы измерений, пределы допускаемых погрешностей, расходуемые материалы и др.);
- требования к подготовке и проведению испытаний;
- порядок обработки данных, полученных при испытаниях, и критерии принятия решений по ним, а также порядок оформления и представления результатов;
- требования к принимаемым решениям и к области распространения результатов испытаний.

60. Испытания могут включать один или несколько видов испытаний и (или) видов контроля (визуальный, измерительный и др.) и проводиться в один или несколько этапов.

61. Приемосдаточные испытания проводятся с применением сплошного или выборочного контроля в соответствии с ТУ.

62. Выборочный контроль рекомендуется выполнять статистическими методами. Выбор параметров твэлов, ТВС и их составных частей для статистического контроля осуществляется с учетом обеспечения эффективности результатов контроля.

63. Правила определения приемочных границ при проведении испытаний устанавливаются НТД.

64. Методы анализа согласуют с разработчиком изделия. Допустимые погрешности методов измерения контролируемых параметров указываются в ТУ для измерения данных параметров.

65. Выбор контролируемых параметров твэлов, ТВС и их составных частей осуществляется на основании анализа их влияния на функциональные и эксплуатационные характеристики твэлов, ТВС, на безопасность эксплуатации РУ с учетом реальных условий эксплуатации.

66. Наиболее важными для безопасности эксплуатации РУ являются показатели твэлов, несоблюдение которых может стать причиной преждевременного отказа твэлов, а при проектной аварии вызвать повреждения, превышающие допустимые критерии безопасности АС. К таким показателям относятся:

- содержание водорода, влаги, фтора, хлора, углерода, азота в топливных таблетках;
- плотность топлива;
- стехиометрия топлива;
- наружный диаметр топливных таблеток и геометрия оболочек твэла;
- дефекты в оболочке и в готовом твэле;
- герметичность твэла;
- качество сварных швов;
- ориентация гидридов в оболочках;
- давление гелия в готовом твэле;
- загрязненность фтором внутренней поверхности оболочек твэла;
- сплошность топливного столба;
- состав внутритвэльной среды.

67. Для этих показателей рекомендуется устанавливать либо сплошной контроль (дефекты в оболочке твэла, герметичность, сплошность топливного столба, качество сварных швов, геометрия оболочек), либо выборочный статистический контроль с минимальным уровнем дефектности, который выбирается на основании результатов выпуска промышленных партий твэлов и их компонентов с учетом важности того или иного параметра.

68. Для показателей, отклонения которых от требований НТД могут приводить к ухудшению работоспособности твэлов, снижению технико-экономических характеристик АС или которые могут быть оценены расчетным и экспериментальным путем, рекомендуется применять выборочный статистический контроль. К таким показателям относятся:

- свойства и структура материала оболочек, включая анизотропию свойств;
- коррозионная стойкость оболочек;
- доспекаемость топлива;
- микроструктура топлива;
- овальность оболочек;
- изотопный состав топлива;
- суммарный борный эквивалент;
- высота таблеток;
- внешний вид таблеток;
- масса топлива в твэле;
- загрязненность наружной поверхности твэлов фтором.

69. Для контроля этих и иных показателей твэлов рекомендуется проводить выборочный приемочный контроль.

70. Контроль отдельных показателей твэлов, ТВС и составных частей можно не проводить, но при этом обеспечивается стабильность параметров технологического процесса и проводится операционный контроль продукции (процесса).

71. Рекомендуемые методы и объем технического контроля таблеток из уран-плутониевого порошка, твэлов и ТВС при их изготовлении представлены в приложении № 4 к настоящему Положению (таблицы 1-3).

Приложение № 1
к Положению
о проектировании и изготовлении тепловыделяющих
элементов и тепловыделяющих сборок с
уран-плутониевым (МОКС) топливом, утвержденному
приказом Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от «___»_____20___г. №_____

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Аттестация испытательного оборудования – определение нормированных точностных характеристик испытательного оборудования, их соответствия требованиям НТД и установление пригодности этого оборудования к эксплуатации.

Квалификационные испытания – контрольные испытания установочной серии или первой промышленной партии, проводимые с целью оценки готовности предприятия к выпуску продукции данного типа или в заданном объеме и заданного уровня качества.

Комплектующее изделие (комплектующее) – изделие определенного функционального назначения (деталь, сборочная единица), которое является составной частью твэла или ТВС и может подлежать или не подлежать соединению сборочными операциями.

К комплектующим изделиям, используемым при изготовлении твэлов и ТВС, относятся:

- таблетки $UPuO_2$;
- трубы для оболочек твэлов;
- заглушки (циркониевый сплав или нержавеющая сталь);
- пружины, втулки;
- трубы для направляющих каналов;
- центральные трубы для кассет;
- трубы для дистанционирующих решеток;
- твэлы;
- решетки;
- верхние и нижние концевые крепления и др.

Конструкторская документация – совокупность конструкторских документов, содержащих, в зависимости от их назначения, данные, необходимые для разработки, изготовления, контроля, приемки, поставки и эксплуатации изделия.

Контролируемая партия (партия продукции) – совокупность единиц однородной продукции, изготовленных в течение определенного времени по одной и той же технологической документации (стандарту) и одновременно предъявляемых на испытания и (или) приемку, при оценке качества которых принимается одно общее решение.

Макет – упрощенное воспроизведение в определенном масштабе изделия или его части, на котором исследуются отдельные характеристики изделия, а также оценивается правильность принятых технических решений.

Обязательные требования – требования безопасности, устанавливаемые федеральными законами и федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии.

Операционный контроль – контроль продукции или процесса во время выполнения или после завершения технологической операции.

Опытно-конструкторская работа – комплекс работ по созданию КД и ТД, изготовлению и испытанию макетов, экспериментальных образцов, опытных или головных образцов изделий или изделий единичного производства, направленных на подтверждение заложенных в проект конструкторских решений и расчетно-аналитических исследований.

Опытный образец (опытная партия) – образец изделия (партия изделий), изготовленный (ая) по вновь разработанной документации для проверки путем испытаний соответствия заданным техническим требованиям с целью принятия решения о возможности постановки на производство и (или) использования по назначению.

Освоение производства – один из этапов постановки продукции на производство, включающий отработку и проверку подготовленного технологического процесса и овладение практическими приемами изготовления продукции со стабильными значениями показателей и в заданном объеме выпуска.

План контроля – совокупность требований и правил (объем контролируемой партии, уровень и вид контроля, тип плана выборочного контроля, объем выборки, контрольные нормативы, решающие правила и т.д.), которые соблюдаются при решении о приемке партии продукции.

Полуфабрикат – промышленная продукция, подлежащая последующей обработке или используемая как составная часть другого более сложного вида продукции.

К полуфабрикатам, используемым для изготовления твэлов и ТВС, относятся следующие материалы и изделия:

- порошки (UO_2; PuO_2; Gd_2O_3; UO_2+PuO_2);
- прутки для заглушек твэлов;
- прутки для центрального твэла кассет;
- листы-полосы для уголков кассет;
- листы для чехлов кассет;
- листы для дистанционирующих решеток;
- проволока для пружины;
- гелий и др.

Приемка продукции – процесс проверки соответствия продукции требованиям, установленным в стандартах, КД, ТУ, договоре на поставку, и оформление документов.

Приемочный контроль – контроль продукции, по результатам которого принимается решение о ее пригодности к поставкам и (или) использованию.

Приемосдаточные испытания – контрольные испытания продукции при приемочном контроле.

Реакторные испытания – радиационные и другие испытания в ядерном реакторе.

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями.

Служба (отдел) технического контроля – служба (отдел) изготовителя (поставщика) или любая другая служба, персонал или отдельные специалисты, на которых возлагается контроль готовой продукции.

Составная часть изделия – деталь или сборочная единица, выполняющая определенные технические функции в составе другого изделия и не предназначенная для самостоятельного применения.

Составные части твэла включают: таблетки, сердечник, оболочку твэла, концевые заглушки, дистанционирующую проволоку и конструкционные элементы (втулки, пружины).

Составными частями ТВС являются: головка ТВС, хвостовик, дистанционирующие решетки, труба-чехол (при наличии), твэлы, твэги, направляющие трубы, пружинные фиксаторы.

Технические условия (ТУ) – документ, входящий в комплект технической документации на промышленную продукцию (изделие), содержащий комплекс технических требований к продукции, ее изготовлению, контролю, приемке и поставке, а также условия ее эксплуатации, транспортирования и хранения.

Технологическая документация (ТД) – совокупность технологических документов, определяющих технологический процесс.

Экспериментальный образец – образец продукции, обладающий основными признаками намечаемой к разработке продукции и изготавливаемый с целью проверки предполагаемых решений и уточнения отдельных характеристик для использования при разработке этой продукции.

Приложение № 2
к Положению
о проектировании и изготовлении тепловыделяющих элементов
и тепловыделяющих сборок с уран-плутониевым (МОКС) топливом»,
утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору
от «___»_____20__г. №____

Рекомендуемые методы обоснования функциональных требований к ТВС при нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации АЗ и при нагрузках, возникающих вне АЗ (изготовлении, хранении и транспортно-технологических операциях)

Функциональное требование	Цель обоснования	Методы обоснования
При нормальной эксплуатации в АЗ		
Прочностные и деформационные требования	Подтверждение механической прочности, целостности и отсутствия недопустимой деформации конструкционных элементов ТВС и соединений	
головка и хвостовик	Подтверждение механической прочности, целостности и отсутствия недопустимых деформаций при возможных нагрузках	расчетно-аналитическое обоснование, стендовые испытания
направляющие трубы	подтверждение механической прочности, целостности и отсутствия недопустимых деформаций при возможных нагрузках; подтверждение прочности при сжатии	расчетно-аналитическое обоснование, испытания ТВС и отдельных элементов ТВС
решетки	подтверждение прочности при сжатии	испытания решеток
резьбовые соединения	подтверждение прочности соединений	расчетно-аналитическое обоснование
неразъемные (сварные, заклепочные) соединения	подтверждение прочности соединений	испытания соединений элементов ТВС на прочность или испытания на свидетелях
Удержание ТВС в потоке теплоносителя	Подтверждение, что равнодействующая нагрузок на ТВС направлена вниз (с учетом влияния облучения)	Гидравлические испытания, расчетно-аналитическое обоснование (расчетные методы подтверждаются экспериментальными исследованиями поведения ТВС при облучении)
Геометрическая совместимость ТВС – АЗ, твэл – ТВС	Подтверждение допустимости взаимодействия между элементами АЗ, твэлами и ТВС, формоизменения, распухания и роста твэла, конструкционных элементов ТВС и АЗ	Расчетно-аналитическое обоснование (расчетные методы подтверждаются экспериментальными исследованиями распухания конструкционных элементов ТВС и твэлов при облучении)

Функциональное требование	Цель обоснования	Методы обоснования
Поддержка твэла в конструкции ТВС	Подтверждение отсутствия проскальзывания твэла под воздействием гидравлических сил устойчивость твэла, ограничения износа оболочки, достаточность силы, приложенной пружинами решетки	расчетно-аналитическое обоснование (расчетные методы подтверждаются экспериментальными исследованиями релаксации поддерживающей пружины экспериментальным путем) испытания или аналитические расчеты (расчетные методы подтверждаются экспериментальными исследованиями при гидравлических испытаниях)
Прочность при вибрационных нагрузках на ТВС в условиях потока	Допустимость вибрации ТВС	Гидравлические испытания ТВС
Совместимость ТВС – СУЗ	Подтверждение времени падения стержней СУЗ подтверждение допустимости нагрузок ударного взаимодействия	Расчетно-аналитическое обоснование, испытания ТВС
Поддержание геометрии ТВС	Допустимость искривления ТВС и их составных частей	Расчетно-аналитическое обоснование (расчетная модель подтверждается результатами экспериментальных исследований поведения ТВС при облучении)
При нарушениях нормальной эксплуатации АЗ		
Прочностные и деформационные требования	Подтверждение механической прочности, целостности и отсутствия недопустимой деформации конструкционных элементов ТВС и соединений	
головка и хвостовик	подтверждение механической прочности, целостности и отсутствия недопустимых деформаций при возможных нагрузках	расчетно-аналитическое обоснование
направляющие каналы	подтверждение прочности при осевом сжатии	расчетно-аналитическое обоснование
резьбовые соединения	подтверждение прочности соединений	расчетно-аналитическое обоснование
неразъемные (сварные, заклепочные) соединения	подтверждение прочности соединений	испытания на прочность соединений элементов ТВС или испытания на свидетелях
решетки	подтверждение устойчивости при боковых нагрузках (сохранение допустимого размещения твэлов в решетке и отсутствие радиальной деформации направляющих труб)	расчетно-аналитическое обоснование или испытания решеток

Функциональное требование	Цель обоснования	Методы обоснования
При нагрузках, возникающих вне АЗ, при изготовлении, хранении и транспортно-технологических операциях		
Прочностные и деформационные требования	Подтверждение механической прочности, целостности и отсутствии недопустимой деформации конструкционных элементов ТВС и соединений	
головка и хвостовик	подтверждение механической прочности, целостности и отсутствия недопустимых деформаций при возможных нагрузках	расчетно-аналитическое обоснование
направляющие трубы	подтверждение механической прочности, целостности и отсутствия недопустимых деформаций при возможных нагрузках; подтверждение прочности при сжатии	расчетно-аналитическое обоснование испытания ТВС и отдельных элементов ТВС
решетки	подтверждение прочности при сжатии; подтверждение сопротивления (устойчивости) периферийных пластин решетки к нагрузкам, возникающим при загрузке ТВС в АЗ подтверждение выполнения условий фиксации твэла в решетках и отсутствие смещения твэла в конструкции ТВС	испытания решеток испытания решеток или расчетно-аналитическое обоснование

Приложение № 3
к Положению
о проектировании и изготовлении тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок с уран-плутониевым (МОКС) топливом»,
утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
от «___»_____20__г. №___

Рекомендуемые методы обоснования функциональных требований к твэлам при нормальной эксплуатации АЗ, нарушениях нормальной эксплуатации (авариях) и при нагрузках, возникающих вне АЗ (изготовлении, хранении и транспортно-технологических операциях)

Функциональное требование	Цель обоснования	Методы обоснования
При нормальной эксплуатации АЗ		
Деформационные и прочностные требования	Подтверждение механической прочности, целостности и отсутствия недопустимых повреждений твэла	
допустимая деформация твэлов (изменение размеров и геометрии)	структурные деформации, изменения диаметра и удлинение оболочки твэла не превышают установленных предельных значений при возможных нагрузках, подтверждение окружной устойчивости	расчетно-аналитическое обоснование испытания
усталостная прочность	подтверждение устойчивости оболочки к усталости с учетом циклических и статических нагрузок	расчетно-аналитическое обоснование, испытания
прочность на истирание при трении	отсутствие недопустимого снижения прочности оболочки и разгерметизации	расчетно-аналитическое обоснование, испытания, опыт эксплуатации
допустимое искривление твэла	подтверждение допустимости деформации с учетом термогидравлических нагрузок в АЗ	расчетно-аналитическое обоснование (расчетная модель подтверждается результатами эксплуатации)
допустимое распухание при облучении	отсутствие недопустимой деформации и взаимодействия между различными элементами твэла, ТВС и АЗ	расчетно-аналитическое обоснование (расчетную модель подтверждается результатами эксплуатации)
устойчивость оболочки	сохранение окружной устойчивости оболочки, допустимости круговой деформации оболочки твэла; допустимость уплотнения топлива, допустимость зазоров между таблетками и оболочкой	расчетно-аналитическое обоснование (прочностной расчет)
Коррозионные требования	Окисление различных элементов твэла, гидрирование оболочки, толщина коррозионного слоя на поверхности оболочки не превышают установленных пределов; отсутствие недопустимого снижения прочности и по-	

Функциональное требование	Цель обоснования	Методы обоснования
	вреждения целостности оболочек	
коррозионная стойкость (в том числе, к фреттинг-коррозии)	ограничения толщины коррозионного слоя (оксидной пленки) и/или коррозионной кинетики	расчетно-аналитическое обоснование (прочностной расчет); стендовые испытания ТВС, опыт эксплуатации ТВС в АЗ
гидрирование оболочки (для ВВЭР)	подтверждение того, что гидрирование (наводороживание) оболочки не оказывает недопустимого воздействия на целостность твэла	расчетно-аналитическое обоснование, испытания
Теплофизические требования (ограничение максимальной температуры топлива и оболочки, давления газов под оболочкой твэла и линейной мощности твэла)	Температура топливных таблеток и оболочки твэла (локальная и средняя) не превышает установленных предельных значений. Для ВВЭР: максимальная температура оболочек твэла не приводит к отклонению от условий пузырькового кипения	Расчетно-аналитическое обоснование (теплофизический и термомеханический расчеты)
При проектных авариях (с потерей теплоносителя и быстрым возрастанием реактивности)		
Отсутствие повреждений твэлов сверх проектных пределов, возможность охлаждения АЗ	Охрупчивание не превышает предельных установленных значений (для ВВЭР); Ограничение выхода водорода (для ВВЭР); Ограничение максимальной температуры топлива и оболочки, отсутствие локального расплавления. Ограничение удельной пороговой энергии разрушения твэлов, фрагментации твэлов; ограничение роста энтальпии (для аварии с быстрым возрастанием реактивности)	Расчетно-аналитическое обоснование (термомеханический, теплофизический, прочностной расчеты)
При нагрузках, возникающих вне АЗ, при изготовлении, хранении и транспортно-технологических операциях		
Прочность, отсутствие недопустимой деформации твэла	Напряжения и нагрузки, возникающие при обращении с твэлами и их транспортировании, не оказывают недопустимого воздействия на работоспособность твэлов при эксплуатации; подтверждение механической прочности, целостности и отсутствия недопустимой деформации твэла; отсутствие движения топливных таблеток, смещения топливного столба до и после облучения	Расчетно-аналитическое обоснование, испытания

Приложение № 4
к Положению
о проектировании и изготовлении
тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок
с уран-плутониевым (МОКС) топливом»,
утвержденному приказом Федеральной службы
по экологическому, технологическому
и атомному надзору
от «___»_____20__г.№_____

Рекомендуемые методы и объем технического контроля таблеток из уран-плутониевого порошка, твэлов и ТВС при их изготовлении

Таблица 1

Таблетки из уран-плутониевого порошка

Контролируемый показатель	Метод контроля	Вид и объем контроля
Содержание урана и плутония	Амперометрическое титрирование, альфа-радиографичекий метод	Анализ представительных выборок таблеток от партии
Изменчивость условных массовых долей изотопов тяжелого металла	Соответствующий метод	Анализ отдельных таблеток партии
Изотопный состав (содержание ^{238}Pu ^{242}Pu, ^{235}U, ^{232}U)	Масс-спектрометрический метод	Анализ представительных выборок таблеток от партии
Равномерность распределения плутония	Амперометрическое титрирование, альфа-радиографичекий метод	Анализ представительных выборок таблеток от партии
Кислородный коэффициент (отношение O/U + Pu + Am)	Кулонометрический метод, метод равновесия контролируемой атмосферы и др.	Анализ представительных выборок таблеток от партии
Структура (размер зерен, поры, однородность)	Контроль с помощью оптического микроскопа, альфа-автора-диографический метод	Анализ представительных выборок таблеток от партии
Содержание Pu на установленную дату	Расчет	
Содержание примесей	Соответствующие методы для различных элементов	Анализ представительных выборок таблеток от партии
Суммарный борный эквивалент	На основании расчета по результатам химического анализа	Анализ представительных выборок таблеток от партии
Массовая доля общего водорода (или отдельно влаги и водорода)	Кулонометрический метод, иные методы контроля содержания водорода и измерения влажности	Анализ представительных выборок

Контролируемый показатель	Метод контроля	Вид и объем контроля
Плотность	Прямое измерение (по геометрическим размерам и массе), косвенное измерение (радиометрический метод и др.)	Статистический выборочный контроль партии
Растворимость	Определение массы нерастворившегося осадка при растворении в азотной кислоте	Статистический выборочный контроль партии
Объемная доля открытых пор	Гидростатическое взвешивание	Статистический выборочный контроль партии
Доспекаемость (термическая стабильность)	Измерение плотности (наружного диаметра) до и после повторного спекания	Статистический выборочный контроль партии
Расчетная масса столба таблеток	Взвешивание	Статистический выборочный контроль партии
Внешний вид, состояние поверхности: сколы, трещины, раковины, чистота; шероховатость	Визуальное сравнение с эталоном, измерение	Сплошной контроль при визуальном осмотре, выборочный - при измерении
Размеры: диаметр; высота таблеток; отклонение от прямолинейности образующей трубы; диаметр центрального отверстия; глубина центрального отверстия	Измерение	Статистический выборочный контроль партии
Маркировка	Визуально по паспортам	Контроль каждой тары

Таблица 2

Твэлы

Контролируемый показатель	Метод контроля	Вид и объем контроля
Качество газа наполнителя	Газохроматографический метод	Контроль представительных выборок партии (при необходимости)
Качество газа сварки	Газохроматографический метод	Контроль представительных выборок партии (при необходимости)
Содержание изотопов урана и плутония	Нейтронно-активационный или автоэмиссионный метод	Сплошной контроль, допускается выборочный контроль при условии, что обеспечивается контроль параметров технологического процесса на соответствие заданным величинам
Обогащение	Гамма-сканирование	Сплошной
Объемная доля гелия	Газохроматографический метод	Сплошной контроль неразрушающим методом; допускается выборочный контроль при условии, что обеспечивается контроль параметров технологического процесса на соответствие заданным величинам
Масса топливного столба	Расчет по документам	Сплошной
Сплошность топливного столба	Гамма-абсорбционный метод	Сплошной
Длина компенсационного объема	Гамма-абсорбционный метод, радиодефектоскопия, измерение автоматическими средствами контроля	Сплошной
Давление гелия	Термоиндукционный метод, ультразвуковые и тепловые методы	Сплошной контроль неразрушающим методом
Качество сварных швов	Зависит от вида сварного шва. Контроль качества сварных швов №1 и 2: – автоматический сплошной контроль суммарной протяженности сварного шва на ультразвуковом дефектоскопе (неразрушающий метод); – путём металлографического контроля продольного шлифа контролировать суммарную протяженность сварного шва (разрушающий метод)	Зависит от вида сварного шва. Контроль качества сварных швов № 1 и 2: – сплошной (неразрушающий метод); – выборочный (разрушающий метод) на одном твэле сменной выработки или образце-свидетеле)

Контролируемый показатель	Метод контроля	Вид и объем контроля
	Контроль качества сварного шва №3: – радиографическим методом; – неразрушающим методом на ультразвуковых установках (для контроля непровара)	Контроль качества сварного шва № 3 – сплошной (на ультразвуковом дефектоскопе для величины непровара); – выборочный (радиографическим методом для внутренних пор)
Внешний вид	Визуальный (путем сравнения с контрольными образцами внешнего вида)	Сплошной
Состояние поверхности (шероховатость, глубина царапин, сдиры и т.д)	Визуальный (путем сравнения с контрольными образцами внешнего вида)	Сплошной
Герметичность	Масс-спектрометрические методы (контроль гелиевым течеискателем)	Сплошной
Размеры: величина наружного диаметра; длина; прямолинейность	Автоматические средства контроля	Сплошной
Контроль наличия фиксатора, длина его компенсирующей части	Гамма-абсорбционный метод, контроль длины допускается проводить автоматическими средствами контроля	Сплошной
Маркировка (обогащение)	Визуально или на установке автоматического контроля по технологическому процессу завода-изготовителя	Сплошной
Содержание водорода, влажность	Газохроматический метод и иные методы измерения влажности и содержания водорода	Выборочный
Фиксированное загрязнение поверхности	Радиометрический метод	Сплошной контроль, допускается выборочный контроль при условии, что обеспечивается контроль параметров технологического процесса на соответствие заданным величинам
Нефиксированное загрязнение	Метод сухого мазка, радиометрический метод	Сплошной

Таблица 3

ТВС

Контролируемый показатель	Метод контроля	Вид и объем контроля
Массовая доля изотопов плутония в смеси урана и плутония	По паспорту на твэлы	Сплошной
Масса плутония в ТВС	По паспорту на твэлы	Сплошной
Масса смешанного уран-плутониевого топлива в ТВС	Сверка соответствия суммы фактических масс в твэлах требованиям ТУ, фактические массы берутся из паспортов на партию твэлов	Сплошной
Герметичность твэлов, величина допустимой утечки (натекания) гелия из твэлов в составе ТВС	На гелиевом течеискателе; масс-спектрометрический метод; способ вакуумной камеры с предварительным введением пробного вещества (гелия) в твэлы	Сплошной
Геометрические размеры, допуски формы и расположения поверхностей ТВС	Универсальные или специальные средства измерения	Сплошной
Входимость ТВС в стапель	В специальном приспособлении-стапеле	Сплошной
Контроль кривизны и скручивания	Метод струны и щупов	Сплошной
Входимость пучка поглощающих стержней управления защиты	Динамометр, измерение	Сплошной
Входимость калибра во внутреннюю полость центральной трубы ТВС	В соответствии с требованиями чертежа	Сплошной
Расход воды через ТВС	На гидравлическом стенде	Сплошной или выборочный статистический
Внешний вид	Визуальное сравнение с контрольными образцами внешнего вида	Сплошной
Механические загрязнения	Метод сухой чистой белой салфетки	Сплошной
Перемещение спиралей (для БН)	Перемещение свободного конца спиралей	Сплошной
Нефиксированное загрязнение	Метод сухого мазка, радиометрия	Выборочный
Маркировка	Визуально на соответствие требованиям чертежа	Сплошной
Контроль загрузки твэлов	Регистрация соответствующим методом	Сплошной

gost.e-ecolog.ru