ГОСТ Р 50088—92

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕАКТОРЫ ЯДЕРНЫЕ ВОДО-ВОДЯНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ (ВВЭР)

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Издание официальное

БЗ 2—94

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.039.5:006.354 Группа Ф60

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕАКТОРЫ ЯДЕРНЫЕ ВОДО-ВОДЯНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ (ВВЭР)

Общие требования к проведению физических расчетов

ГОСТ Р 50088—92

Water-moderated water-cooled power reactors
General requirements for performing neutron physical calculations

ОКСТУ 6931

Дата введения 01.07.93

В части требований п. 2.3.1 к скоростям возрастания мощности при авариях с повышением реактивности и эффектам пространственной кинетики поля энерговыделений и подразд. 2 5

01.01.96

Настоящий стандарт распространяется на расчеты, выполняемые как в процессе проектирования, так и на стадии эксплуатации ВВЭР, в той их части, которая связана с определением собственно нейтронно-физических характеристик активной зоны реактора: параметров критичности, запасов, эффектов и коэффициентов реактивности, эффективности органов регулирования, распределния мощности в активной зоне и их изменений при переходных процессах на ксеноне-135 и самарии-149, маневрировании мощности, выгорании и перегрузках топлива, а также длительностей кампаний топливных загрузок, расходов топлива, изотопного состава выгружаемого топлива, эффектов пространственно-временной кинетики в активной зоне, и устанавливает требования к проведению физических расчетов активных зон корпусных водо-водяных энергетических реакторов типа ВВЭР — к их организации, объему и детальности, используемой методике, точности и оформлению результатов. Требования стандарта учитывают, что результаты этих расчетов применяются для обоснования безопасности реакторной установки (в частности, ее ядерной безопасности) и принятия решений, определяющих экономичность использования ядерного топлива.

Издание официальное

© Издательство стандартов, 1992
© Издательство стандартов, 1995

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта России

Стандарт не распространяется на расчеты, связанные с решением задач теплофизики активной зоны, защиты корпуса и тепловыделений в элементах конструкции реактора.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ

1.1. Проектные и эксплуатационные физические расчеты ВВЭР должны проводиться по программам, включенным на основании их аттестации и утверждения Госатомнадзором Российской Федерации в Государственный фонд алгоритмов и программ (ГОФАП). Это требование распространяется на все виды используемых в расчетах программ, включая программы — библиотеки ядерных данных, эффективных малогрупповых сечений и граничных условий.

Результаты расчетов, полученные по другим программам, должны подтверждаться сопоставлением с расчетами, выполненными по аттестованным программам ГОФАП.

1.2. При проведении расчетов допускается использовать версии программ, отличающиеся от входящих в ГОФАП:

постановкой программ на ЭВМ другого типа;

развитием программ в целях автоматизации их связи с другими программами и созданием дополнительных блоков сервиса (для организации счета вариантов сериями, обеспечением возможности продления счета после прерывания, допущением ветвления решаемых задач, интерполяцией результатов, изменением форматов печати);

улучшением организации процесса счета в результате исключения излишних повторений процедур, более рационального использования внутренней и внешней памяти, применения улучшенных способов ускорения сходимости интераций;

расширением объема рассчитываемой информации без изменения используемых приближений.

Применяемые для расчетов версии программ должны обеспечивать полное соответствие результатов решения тестовых задач, получаемым по программам-оригиналам.

Все пригодные для использования версии программ подлежат включению в ГОФАП на основании утвержденного Госатомнадзором Российской Федерации положительного заключения экспертной комиссии фонда. Для утверждения версии программы, обеспечивающей расширение объема рассчитываемой информации, в состав экспертного заключения должно входить обоснование точности и области применения той части информации, которая ранее программой-оригиналом не рассчитывалась.

Версии программ, использующие улучшенные приближения и поэтому не обеспечивающие полного соответствия результатов решения тестовых задач, получаемых по программам-оригиналам, подлежат аттестации, утверждению и последующему включению в ГОФАП как новые программы.

1.3. Расчеты в процессе эксплуатации реактора должны проводиться по программам, использовавшимся на стадии технического проектирования этого реактора. Для повышения точности результатов допускается применение новых аттестованных программ, обеспечивающих использование улучшенных приближений. В частности, допускается применение программ-библиотек эффективных сечений и граничных условий, откорректированных на основе обобщения нейтронно-физических данных эксплуатации реакторов этого типа. Условием применения новых программ, помимо их аттестации, утверждения и включения в ГОФАП, должно быть наличие соответствующих рекомендаций и согласования со стороны научного руководства и главного конструктора реакторной установки.

1.4. Результаты физических расчетов, представляемые в официальных документах, подлежат экспертизе и утверждению. Порядок экспертизы и утверждения результатов расчетов согласовывается с Госатомнадзором РФ и зависит от назначения (категории) расчетов.

1.5. При проведении физических расчетов ВВЭР помимо требований настоящего стандарта должны соблюдаться положения действующих нормативных документов: ОПБ и ПБЯ РУАЭС, а также нормативных документов, определяющих номенклатуру и порядок согласования эксплуатационных нейтронно-физических расчетов для топливных загрузок ВВЭР

2. ОБЪЕМ И ДЕТАЛЬНОСТЬ РАСЧЕТОВ

2.1. Категории расчетов

Требования к объему и детальности расчетов зависят от назначения (категории) расчетов. Стандартом предусматривается пять отличающихся по назначению категорий расчетов:

проектные расчеты, выполняемые на стадии эскизного проектирования реакторной установки;

проектные расчеты, выполняемые на стадии технического проектирования реакторной установки;

эксплуатационные расчеты и обоснование перегрузки топлива для работы реактора в проектных условиях;

эксплуатационные расчеты в обоснование перегрузки топлива для работы в условиях, отличающихся от проектных;

оперативные эксплуатационные расчеты, выполняемые непосредственно в процессе работы реакторной установки.

Объем и детальность расчетов, выполняемых на предшествующих эскизному проектированию стадиях не регламентируются.

2.2. Проектные расчеты на стадиях эскизного проектирования реакторной установки

2.2.1. Объем физических расчетов, выполняемых на стадии эскизного проектирования реакторной установки, должен быть достаточен для того, чтобы в сочетании с параллельно проводимыми конструкторскими проработками активной зоны и теплогидравлическими расчетами реакторной установки обеспечить возможность обоснованного окончательного выбора основных конструкционных характеристик активной зоны реактора и условий ее эксплуатации, в том числе:

геометрии активной зоны, типа топливной решетки, конструкции тепловыделяющих элементов, конструкции и числа топливных тепловыделяющих сборок (ТВС);

номенклатуры начальных обогащений (начальных изотопных составов) топлива ТВС первой загрузки и подпитки, режима перегрузок топлива;

принципов компенсации реактивности реактора, конструкции и числа органов регулирования, типа и размещения в ТВС выгорающих поглотителей;

распределения органов регулирования по группам, рабочей и аварийных скоростей перемещения групп, предельных значений концентраций поглотителя в теплоносителе (при перегрузках топлива, пуске реактора и выводе его на мощность, в процессе выгорания топлива, остановках и расхолаживании реактора, в условиях аварий с угрозой расплавления топлива), необходимых диапазонов скоростей изменения концентрации жидкого поглотителя в теплоносителе;

принципов профилирования энерговыделений по активной зоне и внутри ТВС;

состава и размещения детекторов внутриреакторного контроля;

принципов гашения ксеноновых колебаний;

способов управления реактором в режимах маневрирования мощности;

способов транспортировок и хранения свежих и облученных ТВС.

Если для выбора указанных характеристик реактора выполняются какие-либо физические эксперименты, то в объем расчетных работ должно входить также сопоставление расчетов с данными таких экспериментов.

2.2.2. Детальность выполняемых на стадии эскизного проектирования реакторной установки физических расчетов не регламентируется.

2.3. Проектные расчеты на стадии технического проектирования реакторной установки

2.3.1. Объем физических расчетов, выполняемых на стадиях технического проектирования реакторной установки и активной зоны, должен быть достаточен, для того, чтобы в сочетании с параллельно проводимыми уточнениями конструкции реакторной установки, теплогидравлическими расчетами стационарных, переходных и аварийных режимов, физическими и теплогидравлическими экспериментами обеспечить:

обоснованный окончательный выбор практических приемов эксплуатации реакторной установки (картограммы расположения ТВС первой топливной загрузки; типовой схемы перегрузок топлива; способов отступления от типовой схемы перегрузок топлива; последовательности взвода групп органов регулирования, последовательности операций при компенсации быстрых и медленных изменений реактивности, в том числе при пусках реактора, выводе его на мощность, гашении ксенонных колебаний поля энерговыделений, маневрировании мощностью и отработки соответствующих переходных процессов, выгорании топлива, остановках, расхолаживании и разотравления реактора);

получение информации по основным нейтронно-физическим характеристикам реактора для его первой и последующих топливных загрузок до вывода активной зоны в установившийся режим работы (параметрам критичности, запасам, эффектам и коэффициентам реактивности активной зоны, эффективностям используемых систем компенсации реактивности, включая анализ эффективности одиночных органов регулирования, дифференциальным и интегральным эффективностям групп органов регулирования; изменениям этих характеристик при пусках реактора, выводах его на мощность, выгорании топлива, остановках и расхолаживании реактора, проявлении переходных процессов на ксеноне-135 и самарии-149; изменениям распределений энерговыделения в активной зоне и внутри ТВС при работе реактора на номинальной и частичных уровнях мощности, при переходных процессах, связанных с маневрами мощности и гашением ксенонных колебаний поля энерговыделений; эффективным длительностям кампаний топливных загрузок и возможностям их продления за счет частичного использования мощностного и температурного эффектов реактивности; общим и удельным расходам топлива; глубинам выгорания и изотопным составам выгружаемого топлива);

получение требуемой для обоснования безопасности реактора и реакторной установки в целом информации о возможных нейтронно-физических состояниях топлива в активной зоне реактора, транспортных контейнерах и хранилищах топлива применительно к рассматриваемым в техническом обосновании безопасности реакторной установки нормальным и аварийным ситуациям (значения подкритичности, условия достижения критичности, в частности, при аварийном расхолаживании остановленного реактора, скорости возрастания мощности при авариях с повышением реактивности, эффекты пространственно-временной кинетики поля энерговыделений);

обоснование безопасных приемов обращения с топливом при его транспортировании, хранении, выполнении технологических операций при первой загрузке топлива в реактор и проведении перегрузок топлива;

обоснование пусковых экспериментов и экспериментов по освоению мощности реактора;

определение диапазонов допустимых значений тех характеристик, которые из соображений безопасности должны быть регламентированы.

2.3.2. Если на стадии технического проектирования реакторной установки проводятся какие-либо эксперименты, то в объем соответствующих расчетных работ должно входить сопоставление расчетов с данными этих экспериментов. Результаты сопоставлений расчетов с данными полномасштабных холодных критических экспериментов на штатных ТВС первой топливной загрузки реактора, с данными физического и энергетического пуска реактора, а также результаты обобщения опыта сопоставления расчетов с нейтронно-физическими данными эксплуатации топливных загрузок до вывода активной зоны в установившийся режим работы должны входить в откорректированное по результатам физического и энергетических пусков техническое обоснование безопасности реакторной установки.

2.3.3. Если для обработки показаний детекторов штатной системы внутриреакторного контроля необходимо проведение физических расчетов, то на стадии технического проектирования реактора они должны быть выполнены, по крайней мере, для его первой топливной загрузки.

2.3.4. Детальность физических расчетов, выполненных на стадии технического проектирования реакторной установки, должна быть достаточна для того, чтобы путем линейной интерполяции результатов, полученных для рассмотренных в расчетах состояний активной зоны, можно было найти соответствующую физи-

ческую характеристику реактора для любого возможного на практике состояния активной зоны с точностью, удовлетворяющей требованиям разд. 4. Детальность расчетов первой топливной загрузки при этом должна быть достаточна для того, чтобы путем интерполяции результатов можно было осуществить сверку расчетов с данными физического пуска реактора и данными его эксплуатации на этапах освоения мощности.

Детальность описания в расчетах распределений поля энерговыделений, выгорания и изотопного состава топлива должна быть достаточна для получения потвельной информации об этих характеристиках, по крайней мере, в одном поперечном сечении реактора.

2.4. Эксплуатационные расчеты для обоснования перегрузки топлива

2.4.1. Объем и детальность расчетов для обоснования перегрузки топлива зависят от предстоящих условий работы реактора. Условия работы реактора считаются проектными, если:

все предусмотренные проектом системы обеспечения безопасной эксплуатации реакторной установки полностью работоспособны;

конструкция активной зоны и номенклатура используемых в ней топливных ТВС соответствуют проектным;

нейтронно-физические характеристики намеченной для использования топливной загрузки не выходят из диапазонов значений, предусмотренных проектом.

В иных случаях условия работы реактора считаются отличающимися от проектных.

2.4.2. В объем расчетных работ, выполняемых при обосновании перегрузки топлива для работы реактора в проектных условиях, входит:

контроль соответствия нейтронно-физических характеристик используемой в реакторе топливной загрузки получаемым в поверочных расчетах согласно требованиям п. 2.5.4;

выбор схемы предстоящей перегрузки топлива;

расчет нейтронно-физических характеристик, выбранных для использования топливной загрузки реактора;

проверка соответствия характеристик выбранной топливной загрузки диапазонам значений, предусмотренным проектом.

2.4.3. Соответствие измеренных характеристик топливной загрузки полученным в поверочных расчетах, считается приемлемым, если выявленные расхождения сопоставимы с погрешностями пред-

ставительных измерений. Не удовлетворяющие этому критерию расхождения, не вызывающие необходимости изменения мощности реактора, должны приниматься во внимание при выборе схемы предстоящей перегрузки топлива. Направляемые на экспертизу и утверждение материалы эксплуатационных расчетов должны фиксировать внимание на наличие таких расхождений. Действие персонала при выявлении крупных рассогласований, вызывающих необходимость изменения мощности реактора, определяются регламентом эксплуатации реакторной установки.

2.4.4. Схему предстоящей перегрузки топлива следует выбирать в конце работы используемой в реакторе топливной загрузки с условием надежного прогноза эффективной длительности ее эксплуатации. Выбор схемы перегрузки должен основываться на результатах расчетов выгорания при номинальной мощности серии вариантов предстоящей топливной загрузки и обеспечивать оптимизацию состава и картограммы размещения входящих в нее ТВС.

2.4.5. Расчеты характеристик топливной загрузки, выбранной для работы реактора в проектных условиях, должны проводиться в соответствии с требованиями к объемам и детальности, предъявляемым к расчетам топливных загрузок на стадии технического проектирования реакторной установки (без анализа эффектов пространственно-временной кинетики).

2.4.6. Проверка соответствия характеристик выбранной топливной загрузки предусмотренным проектом диапазонам должна консервативно учитывать выявленные отличия измеряемых характеристик топливных загрузок от получаемых в поверочных расчетах.

2.4.7. Если при проведении перегрузки топлива по каким-либо причинам произошло отступление от выбранной схемы перегрузки, то расчеты характеристик предстоящей топливной загрузки должны быть откорректированы и повторно утверждены до вывода реактора на мощность.

2.4.8. Объем и детальность расчетов при обосновании перегрузки топлива для работы реактора в условиях, отличающихся от проектных, подлежат согласованию главного конструктора реакторной установки, научного руководства и Госатомнадзора РФ.

2.5. Оперативные эксплуатационные расчеты

2.5.1. Непосредственно в процессе работы реактора должна быть обеспечена возможность проведения двух видов оперативных эксплуатационных расчетов:

расчетного прогнозирования по требованию оператора параметров критичности реактора и переходных процессов в активной зоне;

автоматического выполнения поверочных расчетов в ходе эксплуатации топливной загрузки для контроля соответствия результатов расчетов данным измерений.

Проведение оперативных эксплуатационных расчетов должно предусматривать автоматизацию учета:

информации об изменении во времени реального режима работы реактора;

проявления эффектов обратных связей реактора;

действия систем регулирования реакторной установки;

переходных процессов на ксеноне-135;

эффектов выгорания топлива и переходных процессов на самарии-149.

2.5.2. По требованию оператора должна обеспечиваться возможность расчетного прогнозирования параметров критичности для текущего состояния активной зоны в случаях:

остановленного реактора (анализ условий приведения реактора в критическое состояние);

работающего реактора (анализ условий изменения мощности и последующих проявлений переходного процесса);

остановки реактора с последующим его расхолаживанием и разотравлением (анализ изменения температуры повторной критичности во времени);

2.5.3. По требованию оператора должна обеспечиваться возможность расчетного прогнозирования переходных процессов в реакторе для текущего состояния активной зоны в условиях:

маневрирования мощностью заданным оператором способом (анализ возможности);

поиска оптимального способа маневрирования мощностью (запрос совета оператору);

гашения ксенонных колебаний поля энерговыделений заданным оператору способом (анализ возможности);

поиска оптимального способа гашения ксенонных колебаний поля энерговыделений (запрос совета оператру).

2.5.4. При автоматическом выполнении в ходе эксплуатации топливных загрузок поверочных расчетов должен обеспечиваться контроль представительности описания в расчетах:

параметров критичности при пусках реактора;

параметров критичности и распределений мощности в активной зоне при работе реактора на постоянных уровнях мощности;

характеристик переходных процессов, связанных с маневрами мощности и гашением ксенонных колебаний поля энерговыделений:

эффективной длительности работы топливных загрузок;

эффектов продления работы топливных загрузок за счет частичного использования мощностного и температурного эффектов реактивности;

зависимостей неравномерности поля энерговыделений и расхода топлива от снижения утечек нейтронов из активной зоны.

2.5.5. Проведение оперативных эксплуатационных расчетов должно основываться на использовании специальных версий редкосеточных программ — физических моделей ВВЭР. Точность оперативных эксплуатационных расчетов должна удовлетворять требованиям разд. 4. Детальность оперативных эксплуатационных расчетов должна быть достаточна для проверки соответствия текущего и прогнозируемого состояний реактора условиям безопасности.

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ

3.1. Выбор методики расчетов (конкретных программ и режимов их использования) должен осуществляться на стадии эскизного проектирования реакторной установки по согласованию с научным руководителем проекта. Принятая для технического проектирования методика расчетов должна использоваться в дальнейшем при проведении эксплуатационных расчетов. За соответствие используемой методики расчетов требованиям к их объему, детальности и точности несет ответственность научный руководитель проекта реакторной установки.

3.2. Если на стадии эскизного проектирования реакторной установки выясняется, что входящие в ГОФАП программы не могут обеспечить точность, удовлетворяющую требованиям разд. 4, то должны быть приняты меры для разработки более совершенной методики расчетов и создания на ее основе новых программ, обеспечивающих требуемую точность расчетов. Новые программы должны быть созданы и аттестованы до завершения работ по техническому проектированию так, чтобы результаты расчетов по ним могли найти отражение в материалах технического проекта. В состав технического проекта при этом должны входить описание особенностей новых программ и обоснование обеспечиваемой ими точности расчетов

4. ТОЧНОСТЬ РАСЧЕТОВ

4.1. Точность расчетов, выполняемых на стадии эскизного проектирования реактора, должна быть достаточна для выбора основных конструкционных характеристик активной зоны реакторной установки.

4.2. Точность выполняемых на стадиях технического проектирования и эксплуатации реактора расчетов применительно к измеряемым в процессе работы реактора характеристикам активной зоны должна быть сопоставима с погрешностью измерений этих характеристик штатными приборами реакторной установки. Требования к точности расчетов характеристик, не измеряемых в процессе работы реактора, должны устанавливаться на стадии эскизного проектирования реактора из соображений сохранения необходимой для правильного решения вопросов безопасности и экономичности реакторной установки, представительности результатов расчетов в условиях оперативного действия расчетных программ.

4.3. Точность всех видов расчета должна подтверждаться примерами сопоставлений результатов расчетов с представительными данными измерений. Расчеты, обосновывающие ядерную безопасность реакторной установки, должны подтверждаться данными специально проводимых измерений.

5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ

5.1. Представляемые на утверждение и экспертизу материалы расчетов, помимо пояснений назначения расчетов и изложения полученных в них результатов, должны содержать:

подробную информацию о методике расчетов с указанием вида и версий использовавшихся программ, типа применявшейся ЭВМ, положенных в основу расчетов исходных данных, способов подготовки констант, имевших место упрощенных расчетов;

анализ причин выявляемых расхождений с данными измерений и связанных с ними возможных последствий;

краткие общие выводы по результатам проведенной работы.

5.2. Материалы эксплуатационных расчетов при обосновании перегрузки топлива должны включать результаты поверочных расчетов для предшествовавшей топливной загрузки. В целях облегчения экспертизы материалов расчетов в их состав должна также входить представленная на магнитном носителе информация, позволяющая провести проверочные расчеты по другим версиям программ.

5.3. Результаты эксплуатационных расчетов подлежат длительному хранению (до завершения переработки облученных ТВС или их захоронения).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН** Министерством атомной энергии РФ

2. **УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Постановлением Госстандарта России от 03.08.92 № 850

3. **Срок проверки — 1999 г., периодичность проверки — 5 лет**

4. **ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

5. **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ОПБ-88	1.5
ПБЯ РУАЭС-89	1.5

6. **ПЕРЕИЗДАНИЕ.** Август 1994 г.

Редактор **М. И. Максимова**
Технический редактор **О. Н. Никитина**
Корректор **А. В. Прокофьева**

Сдано в наб. 15.11.94. Подп. в печ. 21.12.94. Усл. п. л. 0,93. Усл. кр.-отт. 0,93. Уч.-изд. л. 0,80. Тир. 273 экз. С 1947.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер. 14
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6. Зак. 332

gost.e-ecolog.ru