

РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ С РАЗРЫВОМ ПЕРВОГО КОНТУРА И НАЛОЖЕНИЕМ НЕИСПРАВНОСТИ ВПРЫСКА БОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ В АКТИВНУЮ ЗОНУ РЕАКТОРА ВВЭР-1000

А.Н. Шкаровский*, В.И. Аксенов*, Н.П. Сердунь**

**Концерн «Росэнергоатом», г. Москва*

***Обнинский государственный технический университет атомной энергетики,
г. Обнинск*



Проведено расчетное исследование аварий с разрывом первого контура эквивалентным диаметром Ду 20–Ду 100 при работе реактора на номинальной мощности. Потеря теплоносителя из первого контура сопровождается наложением неисправности впрыска бора высокого давления. Определено максимальное время невмешательства оператора в течение аварийного процесса. Выбран алгоритм действий оператора в поддержку систем безопасности. Показано, что во всех исследованных режимах системы безопасности с вмешательством оператора в их поддержку (Ду 20 – Ду 80) или без вмешательства оператора (Ду 100) обеспечивают расхолаживание реакторной установки и поддержание реактора в подкритичном состоянии без превышения максимально допустимого предела повреждения твэлов.

ВВЕДЕНИЕ

В [1] рассмотрены аварии с малыми течами первого контура и потерей теплоносителя. Было показано, что во всем исследованном диапазоне, в том числе при работе реактора на номинальной мощности в условиях нормальной работы систем безопасности обеспечивается охлаждение активной зоны и ее подкритичность. В настоящей работе рассматриваются аварийные процессы с «малыми течами» [2, 3] (Ду 20–Ду 100) и неисправности аварийного впрыска бора высокого давления. Суть проблемы состоит в том, что насосы аварийного расхолаживания (АР) начинают подавать борный раствор в первый контур по достижении в нем давления 1,47 МПа. Однако при малых расходах в течь и малых скоростях падения давления в первом контуре, характерных для малых течей в течение времени достижения давления, равного 1,47 МПа, могут быть превышены максимальные пределы повреждения твэлов. Целью настоящего расчетного исследования является определение максимально возможного времени невмешательства оператора в течение аварийного процесса и определение алгоритма расхолаживания реакторной установки, обеспечивающего сни-

© А.Н. Шкаровский, В.И. Аксенов, Н.П. Сердунь, 2005

жение давления в первом контуре до значения 1,47 МПа, при котором возможно подключение насосов аварийного расхолаживания и недопущения превышения максимально допустимого предела повреждения твэлов.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

Исходные данные для расчета параметров аварийной ситуации в общем виде представлены в [1]. К этим общим данным необходимо добавить некоторые специфические особенности, характеризующие исходное состояние реакторной установки (РУ) при рассмотрении данной конкретной аварийной ситуации. Они заключаются в следующем.

Все системы нормальной эксплуатации и системы безопасности (кроме насосов аварийного впрыска бора высокого давления) работают без отказов. Параметры РУ, такие как мощность, давление в первом и втором контурах, уровни в компенсаторе давления (КД) и парогенераторе (ПГ) принимаются с учетом их возможных отклонений, обусловленных точностью контрольно-измерительных приборов и нечувствительностью регулирующей аппаратуры. Комбинация отклонений начальных параметров установки принята таким образом, чтобы обеспечить получение наиболее консервативных результатов расчета с точки зрения условий охлаждения твэлов в активной зоне.

Учитываются задержки на срабатывание защит и блокировок, связанные со временем их формирования в электрических и гидравлических сетях, а также время транспортного запаздывания подаваемых сред первого и второго контуров.

Значение коэффициентов реактивности и форма энерговыделения по высоте активной зоны выбрана с учетом получения максимально возможных значений температуры оболочек твэл. В твэлах с максимальным энерговыделением одновременно имеют место максимально возможные значения коэффициентов неравномерности энерговыделения по высоте и радиусу активной зоны.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Непосредственно с задачей расчета связаны следующие составные части реакторной установки:

- реактор;
- система теплоносителя реактора;
- активная зона и вспомогательные части реактора;
- система аварийного охлаждения зоны (САОЗ);
- элементы системы управления и защиты реактора (СУЗ).

В состав системы теплоносителя реактора входят:

- четыре циркуляционные петли;
- система компенсации давления и сброса пара.

Принята следующая расчетная схема реакторной установки.

Каждая циркуляционная петля состоит из парогенератора, главного циркуляционного насоса (ГЦН) и главных циркуляционных трубопроводов (ГЦТ), соединяющих петли с реактором. Реактор и циркуляционные петли составляют главный циркуляционный контур.

Теплоноситель циркулирует по главному циркуляционному контуру: реактор, парогенератор, ГЦН, реактор. Теплоноситель передает тепло от активной зоны питательной воде ПГ и главными циркуляционными насосами возвращается в реактор, а выработанный в ПГ сухой насыщенный пар по второму контуру поступает на турбину.

Система компенсации давления включает в себя компенсатор давления с комплектом электронагревателей, импульсно-предохранительное устройство, барботер и

трубопроводы с арматурой. Основные функции системы состоят в поддержании номинального давления в первом контуре при работе на мощности путем конденсации паровой фазы или испарением водяной фазы, а также в регулировании давления при пуске и остановке реактора.

Аварийное охлаждение активной зоны обеспечивается:

- системой гидроаккумулирующих емкостей СА03 (ГЕ СА03);
- системой насосов СА03.

СА03 предназначена для заполнения активной зоны борным раствором, отвода остаточных тепловыделений и аккумулированного в металлоконструкциях тепла в проектных авариях.

В состав реакторной установки (и расчетной схемы) входят четыре парогенератора. Подача питательной воды в ПГ осуществляется двумя питательными насосами из деаэрационной установки, в которую подаются конденсат от турбины и другие потоки. На трубопроводах питательной воды устанавливается запорная арматура, отсекающая питательную воду при неконтролируемом отводе пара от ПГ или повышении уровня воды в нем.

Для защиты второго контура от превышения давления на каждом ПГ установлены быстродействующая редукционная установка со сбросом пара в атмосферу (БРУ-А) и два импульсно-предохранительных клапана (ИПК).

Расчет изменения параметров первого и второго контуров в рассматриваемых режимах течей первого контура выполнялся по многоэлементной модели «SmaBr», подробно описанной в [4]. При этом принималось, что система теплоносителя первого контура состоит из 4 циркуляционных петель:

- расчетная петля 1 – петля, к которой подсоединен компенсатор давления;
- расчетная петля 2 – аварийная петля с наличием течи;
- расчетные петли 3 и 4 – петли без особенностей.

Сборная (СКР) и напорная (НКР) камеры реактора представлены несколькими расчетными объемами. По высоте активная зона разбивалась на десять участков одинаковой длины, а по сечению – представлена тремя параллельными каналами. Два канала моделируют обогреваемую часть активной зоны со «средним» и «максимальным» энерговыделением, а третий, необогреваемый, моделирует протечки теплоносителя мимо активной зоны.

При описании динамики процессов в ПГ моделируется работа системы подачи питательной воды, предохранительных клапанов, стопорных клапанов турбины и клапанов быстродействующих редукционных устройств. В расчетной схеме парогенераторы соединены линией перетечек, моделирующей общий паровой коллектор (ОПК).

Два насоса аварийного расхолаживания (АР) подают борный раствор в СКР и НКР каждый, третий насос АР – в «холодную» и «горячую» нитки петли 4. Для реализации режима расхолаживания используется БРУ-А парогенератора № 4.

В качестве исходного события рассмотрен следующий спектр течей первого контура, вызывающих срабатывание систем безопасности:

- Ду 100 (начальный расход течи оставляет $G = 1060$ кг/с);
- Ду 80 (начальный расход течи оставляет $G = 680$ кг/с);
- Ду 50 (начальный расход течи оставляет $G = 265$ кг/с);
- Ду 20 (начальный расход течи оставляет $G = 45$ кг/с).

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Как и в работах [1, 5] в настоящем исследовании было рассчитано изменение всех параметров РУ в процессе развития аварийной ситуации. Для каждого параметра, характеризующего физическое состояние РУ, были построены соответствующие гра-

фики. Анализ и сопоставление графиков для каждого исходного события позволили проследить развитие аварийной ситуации и момент достижения условий срабатывания того или иного устройства системы управления и защиты реакторной установки.

Предварительный анализ рассматриваемого спектра течей без действия оперативного персонала

На первом этапе исследования были проведены исследования аварий течей с отказом системы аварийного впрыска высокого давления без вмешательства оперативного персонала. Они имеют своей целью определение момента времени, при котором потеря теплоносителя из первого контура приводит к условиям ухудшенного теплообмена в активной зоне и росту температуры оболочек твэлов с максимальным энерговыделением до значений, превышающих максимальный проектный предел их повреждения.

Анализ результатов расчета течи Ду 100 показал, что в данном режиме в связи с большим расходом в течь происходит значительная потеря теплоносителя из первого контура в первые 300 с процесса, в результате чего с 500 с начинается разогрев оболочек твэлов. В связи с таким быстрым протеканием процесса обеспечить эффективное вмешательство оперативного персонала не представляется возможным.

В результате анализа течей Ду 80 и менее получены следующие значения моментов времени возникновения кризиса теплоотдачи:

- Ду 80 – не более 1250 с;
- Ду 50 и менее – более 3600 с.

Кроме того, был проведен расчет для режимов с разрывом Ду 80 и менее по определению времени начала действий оперативного персонала по расхолаживанию РУ, которое обеспечивает отсутствие возникновения кризиса теплоотдачи, приводящего к перегреву оболочек твэлов. Расчеты показали, что для течи Ду 80 это время не должно превышать 600 с. Более позднее начало мероприятий по расхолаживанию РУ приводит к более высоким значениям температуры оболочек твэлов. Эти эффекты связаны с обезвоживанием первого контура к началу расхолаживания, что не позволяет обеспечить восстановление циркуляции теплоносителя, достаточной для бескризисного охлаждения твэлов.

Для течей Ду 50 время начала расхолаживания может быть продлено до 1000 с без серьезных негативных последствий для условий теплообмена в активной зоне.

Для течей Ду 20 время начала действий оперативного персонала по расхолаживанию РУ не должно превышать 1000-1200 с. Это связано с тем, что в условиях малых расходов подпитки первого контура насосами АР с температурой подпитки, незначительно отличающейся от температуры теплоносителя в холодных нитках петель первого контура, наблюдается длительное сохранение высокого давления в нем при температуре теплоносителя равной температуре насыщения. Начало расхолаживания РУ через системы второго контура при этих условиях приводит к резкому вскипанию теплоносителя в активной зоне с формированием условий возникновения кризиса теплоотдачи.

Действия оперативного персонала по расхолаживанию РУ

В качестве начальных действий оперативного персонала по расхолаживанию РУ для всего спектра рассмотренных течей (кроме течи Ду 100) предлагается использовать БРУ-А с поддержанием темпа расхолаживания 60°C/ч.

В расчете режима течи Ду 80 принято, что оператор переводит БРУ-А в режим расхолаживания на 600 с процесса. В режимах течей Ду 50 и менее расхолаживание РУ с помощью БРУ-А начинается на 1000 с процесса. Работа БРУ-А позволяет сни-

зить давление в первом контуре до 1,47 МПа, что дает возможность насосам аварийного расхолаживания начать подачу борного раствора в первый контур.

В режимах течи Ду 20 не удастся снизить давление теплоносителя до значения, необходимого для включения насосов АР, что обусловлено работой насосов аварийного впрыска бора высокого давления. Поэтому после снижения давления во втором контуре до значений, при которых эффективность работы БРУ-А резко снижается, в расчете принято отключение насосов впрыска бора высокого давления. Эта мера приводит к снижению давления в первом контуре и включению насосов АР.

Течь эквивалентным диаметром Ду 100 (без вмешательства оперативного персонала)

Значительная потеря теплоносителя в течь не компенсируется системой нормальной подпитки первого контура, что приводит к резкому снижению давления и на 3,2 с процесса срабатывает аварийная защита (АЗ-1). На 10 с процесса запас до вскипания теплоносителя снижается до 15°C, и на 300 с оператор отключает ГЦН всех петель.

Значительные потери в течь приводят к опорожнению КД, и на фоне снижения давления в первом контуре происходит вскипание теплоносителя сначала в СКР, затем в НКР реактора. Это обуславливает снижение расхода теплоносителя по петлям и в активной зоне. К 500 с процесса вследствие значительных потерь теплоносителя в течь, в ГЦТ наблюдается циркуляция сначала пароводяной смеси, а затем пара, что ведет к резкому снижению расхода течи. Срыв циркуляции теплоносителя по петлям ГЦТ приводит к возникновению режима выкипания теплоносителя в активной зоне, что, в свою очередь, обуславливает ухудшение теплообмена в ней и первому значительному повышению температуры оболочек твэлов до 600°C на 750 с.

Процесс потери теплоносителя в течь вызывает снижение давления в реакторе, которое сопровождается периодическим срабатыванием герметичных емкостей (ГЕ) СА03, что также способствует снижению давления в первом контуре. На 1250 с процесса давление снижается до 1,47 МПа, после чего начинается подача борного раствора от насосов АР. Подача значительного количества борного раствора более низкой температуры приводит к частичной конденсации пара в СКР и НКР, который сопровождается колебаниями расхода в активной зоне. Кратковременный процесс возникновения обратного расхода в активной зоне, когда в ней резко увеличивается паросодержание, сопровождается ростом температуры оболочек твэлов, которая в каналах с максимальным энерговыделением достигает повторного пика температуры, равного 550°C.

Далее работа всех насосов АР приводит к восстановлению уровня теплоносителя в КД и заполнению камер реактора. Восстановление циркуляции теплоносителя с температурой ниже температуры насыщения по петлям ГЦТ приводит к конденсации пара в ПГ и увеличению в них уровня питательной воды.

Изменение температуры оболочек твэлов имеет пульсирующий характер, что обусловлено периодическим срабатыванием ГЕ СА03.

Течь эквивалентным диаметром Ду 80

Значительная потеря теплоносителя из первого контура не компенсируется системой нормальной подпитки, что приводит к снижению давления в нем и срабатыванию АЗ-1 на 4,3 с процесса. В результате падения давления запас до вскипания теплоносителя уменьшается до 15°C, после чего на 300 с оператор отключает ГЦН. В результате достижения теплоносителем температуры насыщения наблюдается стабилизация давления. На 600 с процесса оператор начинает расхолаживание РУ с помощью БРУ-А, в результате чего давление первого и второго контуров снижается и

на 5600 с процесса достигает значения 1,47 МПа, после чего начинается подача борного раствора насосами АР. За счет установления баланса между расходом в течь и подачей от насосов АР, происходит стабилизация давления на уровне значения их напора.

Через 10 с после срабатывания АЗ-1 происходит закрытие стопорного клапана турбогенератора (СК ТГ), и вслед за этим открытие БРУ-А всех ПГ по своим уставкам. Начало процесса расхолаживания на 600 с, вызывающее снижение давления во втором контуре, приводит к закрытию всех БРУ-А, за исключением того, который работает в режиме расхолаживания. После начала работы насосов АР на 5600 с БРУ-А, работающий в режиме расхолаживания закрывается, выдерживая заданный темп расхолаживания.

Потеря теплоносителя в течь в условиях недостаточной подпитки приводит к потере уровня в КД и СКР, кроме того, наблюдается вскипание теплоносителя в камерах реактора. Это обуславливает, с одной стороны, к срыву циркуляции теплоносителя в ГЦТ, с другой стороны, к резкому снижению расхода в течь в связи с истечением практически только пара. Прекращение циркуляции наблюдается по всем петлям реактора, за исключением петли с КД, где сохраняется циркуляция теплоносителя с очень низким расходом. Процесс вскипания теплоносителя в активной зоне, вызванный началом расхолаживания, сопровождается повышением температуры оболочек твэл наиболее энергонапряженных каналов до 600°C. Однако заданный темп расхолаживания приводит, во-первых, к снижению параметров первого контура до давления подачи борного раствора насосами АР, а во-вторых, к такой организации процесса кипения теплоносителя в активной зоне, при которой температура оболочек твэлов в каналах со средним энерговыделением удерживается на безопасном уровне, не превышая 480°C.

Начало подачи борного раствора всеми насосами АР, а также впрыск его из ГЕ СА03 достаточно быстро приводит к восстановлению уровня теплоносителя в камерах реактора и в КД. В этот же период происходит восстановление циркуляции теплоносителя по всем петлям реактора, причем в аварийной петле наблюдается обратный ток теплоносителя. Начиная с этого момента, осуществляется процесс стабильного расхолаживания реактора. После закрытия СК ТГ и отключения турбопитательного насоса (ТПН), компенсация потерь питательной воды осуществляется с помощью вспомогательного питательного электронасоса (ВПЭН).

Течь эквивалентным диаметром Ду 50

Аналогично предыдущему варианту потеря теплоносителя в течь не компенсируется системой нормальной подпитки, что приводит к срабатыванию АЗ-1 на 17 с процесса и снижению температурного запаса до 15°C на 21 с процесса и на 300 с процесса оператор отключает ГЦН. В промежуток времени до начала расхолаживания РУ наблюдается стабилизация давления в первом контуре в результате выхода на температуру насыщения в нем и поддержания давления во втором контуре за счет работы БРУ-А всех ПГ, которые открылись по своим уставкам на 150 с после закрытия СК ТГ. СК ТГ закрываются через 10 с после срабатывания АЗ-1.

На 1000 с оператор начинает расхолаживание РУ с помощью БРУ-А, в результате чего давление в первом и втором контурах снижается. К 6050 с давление в первом контуре снижается до 1,47 МПа, после чего начинается подача борного раствора насосами АР. Наступивший баланс расхода в течь и подачи борного раствора стабилизирует давление на уровне напора насосов АР.

К моменту начала расхолаживания на 1000 с процесса уровень теплоносителя в СКР снижается до верхней кромки активной зоны. Процесс вскипания теплоносителя

ля в активной зоне, обусловленный началом расхолаживания, сопровождается повышением температуры оболочек ТВЭЛ наиболее энергонапряженных каналов до 440°C.

Вскипание теплоносителя в камерах реактора приводит к резкому снижению расхода в ГЦТ и к резкому снижению расхода пароводяной смеси в течь.

Так же, как и в предыдущем режиме, заданный темп расхолаживания с помощью БРУ-А обеспечивает снижение параметров первого контура до давления подачи насосов АР и не создает условий для формирования такого режима вскипания, который может вызвать кризис теплоотдачи и росту температуры оболочек ТВЭЛ до опасных пределов.

Начало подачи борного раствора насосами АР, а также впрыск его из ГЕ СА03 достаточно быстро восстанавливает уровень теплоносителя в камерах реактора и в КД. В этот же период происходит восстановление циркуляции по всем петлям реактора, причем в аварийной петле устанавливается обратный ток теплоносителя. Начиная с этого момента, осуществляется процесс стабильного расхолаживания РУ.

После закрытия СК ТГ и отключения ТПН компенсация потерь питательной воды осуществляется работой ВПЭН.

Течь эквивалентным диаметром Ду 20

Аналогично предыдущим вариантам потеря теплоносителя в течь не компенсируется системой нормальной подпитки, однако разность значений расхода подпитки и расхода течи значительно ниже, чем в предыдущих вариантах, что обуславливает значительное отличие в моментах достижения различных уставок срабатывания устройств и оборудования. Так, срабатывание АЗ-1 по уставке снижения давления в первом контуре до 14,7 МПа происходит только на 211 с; отключение ГЦН осуществляется оператором на 300 с, после того как на 213 с процесса снижение запаса до вскипания достигает 15°C.

В связи с незначительными потерями теплоносителя первого контура уровень в КД также снижается достаточно медленно. Скорость этого процесса увеличивается после перевода оператором БРУ-А ПГ4 в режим расхолаживания на 1000 с процесса. Опорожнение КД завершается на 1400 с, после чего происходит вскипание теплоносителя в СКР.

Выбранный темп расхолаживания оказывается достаточным для эффективного расхолаживания РУ без повышения температуры оболочек ТВЭЛ выше их значений в статических режимах.

На 9000 с оператор отключает насосы впрыска бора высокого давления, после чего давление в первом контуре к 9600 с снижается до значения 1,47 МПа. Подача борного раствора насосами АР к 9700 с стабилизирует давление за счет баланса расходов течи и подпитки. Начиная с этого момента, осуществляется процесс стабильного расхолаживания РУ.

Во втором контуре закрытие СК ТГ на 221 с процесса вызывает рост давления до уставок открытия БРУ-А, через которые идет сброс пара до момента перевода БРУ-А ПГ4 в режим расхолаживания. Кроме того, прекращение отбора пара из ПГ на турбогенератор вследствие закрытия СК ТГ вызывает рост уровня питательной воды во всех ПГ. Начало процесса расхолаживания, приводящего к возобновлению отбора пара из ПГ, вызывает снижение уровня в ПГ на 0,15 м, а компенсация потерь питательной воды обеспечивается работой двух ВПЭН. После закрытия СК ТГ и отключения ТПН, компенсация потерь питательной воды осуществляется работой ВПЭН.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен расчетный анализ аварий с течами первого контура эквивалентным диаметром 20-100 мм в условиях отказа системы аварийного впрыска борного раствора высокого давления. Расчеты показали следующее.

В аварии с течью Ду 100 наблюдается разогрев оболочек твэлов с повышением температуры до 600°C. За счет естественного процесса истечения в разрыв при условиях впрыска борного раствора от ГЕ СА03 давление в первом контуре снижается до значения, позволяющего начать подачу борного раствора насосами АР. Это дает возможность без вмешательства оперативного персонала приостановить процесс разогрева оболочек твэл и обеспечить расхолаживание активной зоны без превышения максимального проектного предела повреждения оболочек твэл.

Аварии с течами Ду 80 и менее требуют вмешательства оперативного персонала в процессе расхолаживания РУ, который заключается в переводе одного из БРУ-А в режим расхолаживания со скоростью, не превышающей 60°C/ч, для обеспечения снижения давления в первом контуре до значения 1,47 МПа. В аварии с течью Ду 20 для достижения требуемого давления необходимо отключить насосы нормальной подпитки первого контура.

Для обеспечения охлаждения твэлов без превышения максимального проектного предела повреждения оболочек твэлов необходимо обеспечить следующие условия:

- в аварии с течью Ду 80 момент времени вмешательства оператора в процесс расхолаживания не должен превышать 600 с, при этом температура оболочек твэл не превышает 600°C;
- в аварии с течью Ду 50 этот же момент времени не должен превышать 1000 с, при этом температура оболочек твэл не превышает 440°C;
- в аварии с течью Ду 20 этот же момент времени не должен превышать 1000-1200 с.

Таким образом, предлагаемый алгоритм расхолаживания РУ для спектра течей первого контура Ду 80 и менее, при соблюдении принятых в расчете моментов времени вмешательства оперативного персонала в процесс протекания аварийных режимов обеспечивает расхолаживание РУ без превышения максимального проектного предела повреждения оболочек твэл с обеспечением последующего устойчивого расхолаживания РУ и поддержание реактора в подкритичном состоянии.

Литература

1. Шкаровский А.Н., Аксенов В.И., Сердунь Н.П. Исследование аварийных ситуаций с малыми течами первого контура реактора ВВЭР-1000 // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2004. – № 3. – С. 64-69.
2. Долгих Е.В., Фукс Р.Л. Анализ аварийного режима малой течи. / Теплофизические аспекты безопасности ВВЭР. Международный семинар «Теплофизика-90» (25-28 сентября 1990 г.) :Тезисы докладов. – Обнинск: ФЭИ, 1990. – С.51.
3. Балунов Б.Ф., Гурьянов С.В, Югай Т. и др. Теплообмен в частично осушенной активной зоне водо-водяного реактора при «малой течи» / Теплофизические аспекты безопасности ВВЭР. Международный семинар «Теплофизика-90» (25-28 сентября 1990 г.) :Тезисы докладов. – Обнинск: ФЭИ, 1990. – С. 56-57.
4. Anita Hamalainen, Jaakko Miettinen. Smabre Cod Manuel, Vol. 3, Program description, Technical Research Center of Finland, Nuclear Engineering Laboratory, 1992.
5. Шкаровский А.Н., Аксенов В.И., Сердунь Н.П. Проверка непрерывности подачи борного раствора в активную зону реактора при разрывах первого контура эквивалентным диаметром Ду 50-Ду 100 // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2005. - № 2. – С. 26-31.

Поступила в редакцию 30.09.2004

УДК 621.039.524

Calculating Research of Emergency Situation with Rupture of the First Circuit and Superposition of Disrepair of Boron Injection with High Pressure in Core of Reactor VVER-1000 \A.N. Shkarovskiy, V.I. Aksenov, N.P. Serdun'; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of High Schools. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2005. – 8 pages. – References, 5 titles.

Calculating research of accidents with rupture of the first circuit with equivalent diameter 50 – 100 mm in reactor operation on power rating is developed. The loss of coolant from the first circuit accompany superposition of disrepair of boron injection with high pressure. Maximum time of operator non-interference in course of emergency process is determined. Algorithm of operator actions in support of safety systems is selected. It is shown, in all researching conditions safety systems with interference of operator in its supporting (20 – 80 mm) and without interference of operator (100 mm) ensure the reactor cooldown and its supporting in subcritical condition without exceeding maximum permissible limit of damage of fuel rod.

УДК 621.039.586:504.5

Investigations of Secondary Atmospheric Contamination by ^{137}Cs in Bryansk Region after the Nuclear Accident at the Chernobyl NPP \I.Ya. Gaziev, I.I. Kryshev, Ya.I. Gaziev, A.D. Uvarov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of High Schools. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2005. – 8 pages, 2 illustrations? 4 tables. – References, 9 titles.

The article presents methods and results of investigations of secondary radioactive atmospheric contamination after the Chernobyl accident in territory of Novozybkov radioecological and sanitary area of the EMERCOM of Russia in Bryansk region. Estimations of radiation doses of inhalation intake of ^{137}Cs for the population of Novozybkov in 1992 and 2004 are given.

УДК 502.13:574

Biological Methods for Environmental Assessment of the Recreation Zone in the Vicinity of the Obninsk Institute of Physics and Power Engineering \E.I. Yegorova; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of High Schools. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2005. – 9 pages, 5 illustrations. – References, 23 titles.

A bioassay for sanitary zone of protection has been carried out in the vicinity of the Institute of Physics and Power Engineering (IPPE) in Obninsk. Vector maps with GIS have been made to show the state of biota in the observation area and the Obninsk recreation zone. Conformity of dynamics and mechanisms of the functional activity of microorganisms in soils under general contamination with radionuclides and heavy metals has been found.

УДК 621.039.58:614.876

Analysis of Personnel Irradiation Doses during 50 Years Operation of the First NPP \V.I. Vaizer, L.A. Kotchekov, D.P. Masalov, A.I. Shtifurko; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of High Schools. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2005. – 4 pages, 1 table.

It is necessary to pick out exceptional years with rising irradiation doses in history of the First NPP.

- 1954–1957 – removal of defects; adjust of equipment and technologies; average annual dose $\bar{D} \sim 20$ mSv.
- 1958–1970 – mounting and operation of numerous (17) test loops for researchers of reactor work regimes; $\bar{D} \sim 8$ mSv.
- 1971, 1987 – fundamental repairs with complete fuel unloading of reactor; $\bar{D} \sim 13$; 8 mSv.
- 1988 – reconstruction of the «hot» cell to cut fuel subassemblies; decontamination of reactor production rooms and equipment; $\bar{D} \sim 7$ mSv.
- 1998–1999 – discovery and removal of mass leaks of fuel subassemblies; $\bar{D} \sim 10$ mSv.
- 2003–2004 – the preparation to the decommissioning; unloading of spent fuel stores; cutting