

ЭФФЕКТ «ЗАВИСАНИЯ» ЖИДКОГО НАТРИЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РАБОТУ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ИСПАРИТЕЛЬНО-КОНДЕНСАЦИОННОГО ТИПА

М.Н. Арнольдov, В.Н. Богомолов, О.Г. Григорьев, В.Н. Замиусский
ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск



В работе описано явление перераспределения по контуру натриевых высокотемпературных тепловых труб (ВТТ) сложной конструкции значительных объемов жидкого натрия, обусловленное эффектом его «зависания» на внутренних элементах ВТТ. Показано влияние этого эффекта на работу испарительно-конденсационных систем (ИКС). Доказывается необходимость контроля уровня натрия для идентификации аномальных режимов работы ИКС, связанных, в том числе, и с осушениями капиллярно-пористой структуры (КПС) зоны испарения.

ВВЕДЕНИЕ

В течение ряда лет в ФЭИ, в рамках темы по созданию реактора испарительного охлаждения (РИО), проводились эксперименты на физических моделях для изучения аномальных и аварийных режимов работы систем теплоотвода от твэлов РИО. Модели представляли собой каскадные (состоящие из двух последовательно соединенных контуров испарительно-конденсационного типа) высокотемпературные тепловые трубы с натрием, в которых система отвода тепла от имитатора твэла конструктивно точно воспроизводила систему теплоотвода от твэла РИО. Энерговыведение твэла имитировалось электрическим нагревателем цилиндрической формы, который помещался в твэльную трубку имитатора твэла. Тепло от конденсатора II контура снималось сжатым воздухом.

В ходе экспериментов на таких моделях был выявлен ряд особенностей в поведении жидкой фазы теплоносителя, не характерных для ВТТ обычной конфигурации. В частности, периодическое появление дефицита жидкого натрия в нижнем коллекторе первого контура модели. Вывод о стохастических появлениях дефицита натрия в нижнем коллекторе модели сделан по результатам серии экспериментов, выполненных на моделях с увеличенной заправкой натрия (102 г вместо расчетных 27 г). Было обнаружено, что в одних режимах работы таких моделей существует избыток теплоносителя, приводящий к затоплению нижней части зоны испарения, ее перегреву и даже вскипанию там теплоносителя, а в других режимах работы тех же моделей возникает дефицит натрия, вызывающий осушения КПС имитатора твэла. Таким образом было показано, что уровень конденсата в нижнем коллекторе является важным параметром режимной диагностики ИКС и тре-

бует надежного контроля. Эти исследования внесли значительные коррективы в традиционные представления о режимах циркуляции жидкой фазы натрия в ВТТ.

Чтобы своевременно идентифицировать аномальные режимы ИКС такого типа требуется контролировать уровень конденсата в нижнем коллекторе модели [1,2,3]. Для решения этой задачи был изготовлен малогабаритный датчик уровня, работа которого основана на термометрическом принципе (т.н. термопарный уровнемер) [4]. Его схема приведена на рис.1.

Основными достоинствами такого уровнемера являются простота конструкции, компактность, ремонтпригодность, способность работать в агрессивных средах и в широком диапазоне температур. Его надежность, как показывает опыт работы, в основном определяется качеством используемых в нем термопар. Основное усовершенствование использованной нами термометрической системы контроля уровня касалось применения математического моделирования температурного поля датчика [5,6]. Оно значительно повысило его разрешение, которое при прямых измерениях, как известно, определяется плотностью размещения термопар по высоте датчика. Разработанные нами алгоритмы обработки позволили по показаниям 4-х термопар, расположенных на участке длиной 90 мм, получить чувствительность к изменению уровня натрия ~ 0.1 мм. Динамические свойства уровнемера, корпус которого изготовлен из стальной трубки $\varnothing 14 \times 0.4$ мм, оказались вполне приемлемыми для решения поставленной задачи. Постоянная времени датчика для условий рабочего объема ВТТ (пары натрия при температурах до 800°C и жидкий натрий тех же температур), по нашим оценкам, не более 5 с.

Информативность такого датчика уровня для устройств типа ВТТ оказалась намного выше предполагавшейся, т.к. с его помощью, например, оказалось достаточно просто обнаружить подкипание натрия в нижнем коллекторе модели, а так-

же такие явления как капельный сброс жидкого натрия со стенок модели в низкотемпературных режимах работы ВТТ, срывы пленки теплоносителя под действием парового потока и другие нерегулярности циркуляции жидкого натрия. Естественно, что при подобных режимах работы модели контроль за уровнем натрия (определение собственно уровня натрия вследствие возмущений такими процессами исходного поля температуры по высоте корпуса уровнемера) теряется.

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Сейчас, после серии специальных экспериментов, выполненных с целью изучения эффектов «зависания» жидкой фазы натрия в моделях различной конструкции, можно уверенно утверждать, что в тепловой трубе классической компоновки «зависание» значительных количеств натрия невозможно. Эффект «зависания» проявляется в том, что часть жидкого теплоносителя (неподвижного по отношению к конструкции модели) приобретает свойства твердого тела и способна воспринимать не только растягивающие напряжения, но и касательные, т.е. имеется эффект, подобный эффекту «трения покоя». Этот эффект значимо присутствует только в моделях сложных конструкций с развитой поверхно-

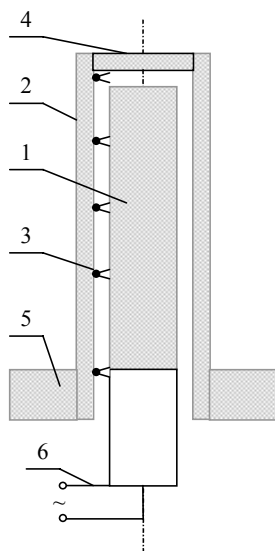


Рис. 1. Схема термопарного уровнемера: 1- электрический нагреватель термопарного уровнемера; 2 - корпус из тонкой теплопередающей трубки; 3 - термопары; 4 - верхняя пробка уровнемера; 5 - нижняя пробка ВТТ; 6 - токоподводы электрического нагревателя термопарного уровнемера

стью теплообмена, где есть полости, зазоры шириной 5 мм и менее, а также другие пространства, удобные для зависания жидкой фазы. Количество неконденсирующегося газа в рабочей полости модели, благодаря своему влиянию на смачиваемость элементов конструкции конденсатом натрия, также воздействует на эффект зависания. Эти обстоятельства непременно следует учитывать при конструировании теплообменников испарительно-конденсационного типа. По этой же причине необходимо подробно описывать конструкцию экспериментальной установки, для которой приводятся опытные данные, поскольку для других конструкций результаты могут заметно отличаться.

Схема однотвэльной ВТТ, на которой выполнена последняя серия экспериментов по изучению зависаний натрия, приведена на рис.2. Она физически моделирует систему теплоотвода от элементов активной зоны РИО и представляет собой каскад из двух испарительно-конденсационных контуров с натрием и холодильника, продуваемого сжатым воздухом. Общая длина модели более 1.5 м, внешний диаметр от 50 до 90 мм.

Оболочка имитатора твэла изготовлена из стандартной твэльной трубки $\varnothing 14 \times 0.4$ мм высотой 340 мм. Снаружи трубка покрыта артериальной КПС, образованной 3 слоями сетки саржевого плетения №685 из нержавеющей стали. Энерговыведение твэла имитируется электрическим нагревателем $\varnothing 7.8$ мм, который был рассчитан на выделение мощности до 5 кВт. Потери тепла с боковой поверхности модели компенсируются шестью дополнительными нагревателями, намотанными на модель снаружи.

В систему термометрии такой модели входило более 30 термопар (обозначены цифрами на рис.2). Они предназначены для измерения температуры паров натрия по высоте I и II контуров (Тп-6 ... Тп-12, и Тп-21...Тп-29), оболочки имитатора твэла, а в аварийных режимах и для регистрации осушений ее КПС (Тп-1...Тп-4), стенки термопарного уровнемера (Тп-13 ...Тп-16).

Сложность конструкции модели в значительной степени обусловлена двухсторонним (через верхний и нижний коллекторы) способом подачи натрия в КПС имитатора твэла, наличием трех цилиндрических элементов промежуточного теплообменника (т.н. конденсаторов-испарителей, предназначенных для передачи тепла из I контура во II) и системы оперативного удаления неконденсирующихся газов (НКГ). Плотная компоновка внутрикорпусных элементов (корпус I контура изготовлен из трубки $\varnothing 57 \times 3$ мм) создала благоприятные условия для зависания в зоне конденсации I контура больших объемов натриевого конденсата. Для изучения динамики зависания натрия в различных режимах работы моделей было выполнено более десяти специальных экспериментов. Все они основаны на контроле за изменением уровня натрия в нижнем коллекторе I контура с помощью термопарного уровнемера.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе экспериментов был выявлен ряд интересных особенностей динамики уровня натрия в нижнем коллекторе I контура модели. Так, при включении нагревателя имитатора твэла (НИТ) в ВТТ, предварительно разогретой дополнительными нагревателями до $\sim 480^\circ\text{C}$, происходит резкий сброс натрия в нижний коллектор (донная часть I контура модели). Динамика уровня конденсата натрия вместе с показаниями термопар уровнемера (Тп-13...Тп-16) и температуры пара (Тп-6) приведена на рис.3. Момент включения НИТ отмечен на шкале абсцисс (времени) меткой $t_1=10620$ с. Мощность нагревателя термопарного уровнемера, создающего зависимое от уровня натрия поле температур по высоте его корпуса, составляла 28.5 Вт.

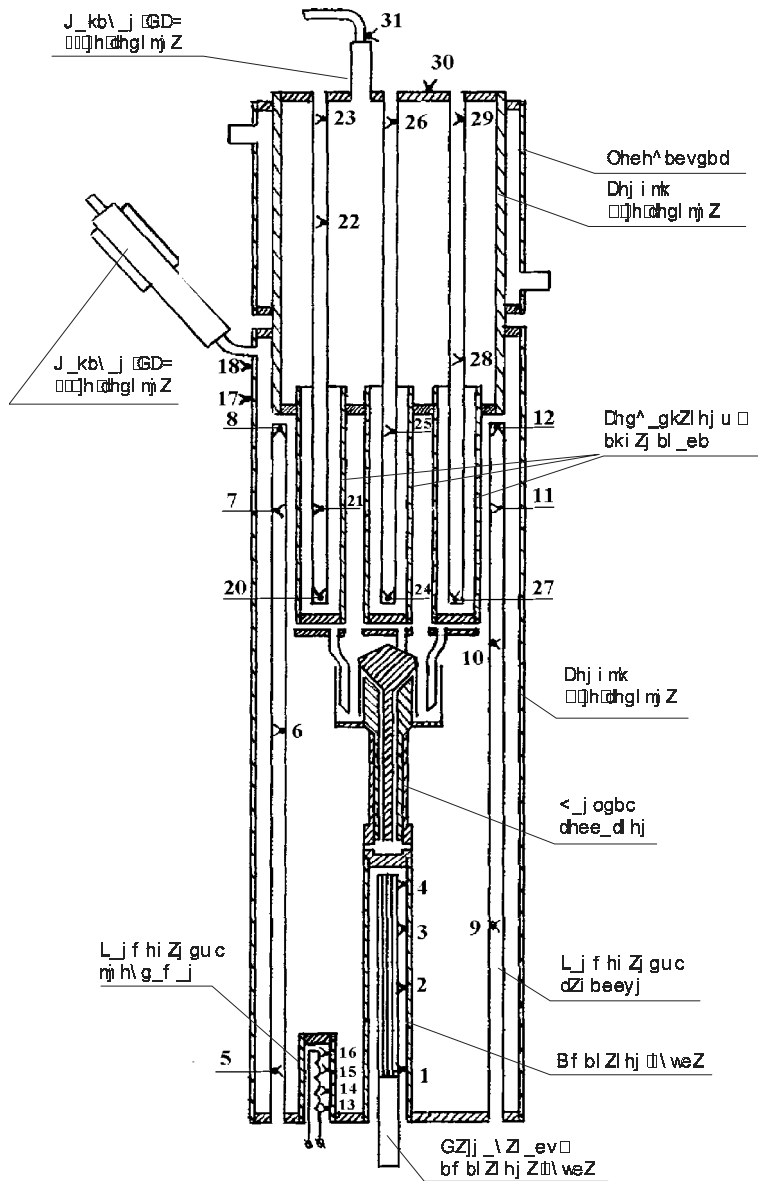


Рис.2. Схема экспериментальной установки

Из рисунка видно, что за первые ~ 400 сек. после включения НИТ происходит заметное, порядка 8 мм (соответствует ~15 см³ по объему и 14% от полной заправки), снижение уровня натрия в нижнем коллекторе от исходного уровня в ~30 мм. Оно вызвано, вероятно, тем, что начинается отток натрия в КПС имитатора твэла с последующим его испарением и зависанием после конденсации на внутренних элементах модели. Идет накопление натрия в верхнем коллекторе, в кольцевом зазоре I контура, а также на поверхности испарителей-конденсаторов и в полости между ними. Снижение уровня натрия происходит на протяжении ~250 с до уровня ~22 мм, после чего следует его восстановление до отметки ~32 мм. Это, видимо, связано со стоком его из верхнего коллектора после выхода системы теплоотвода твэла на рабочий режим.

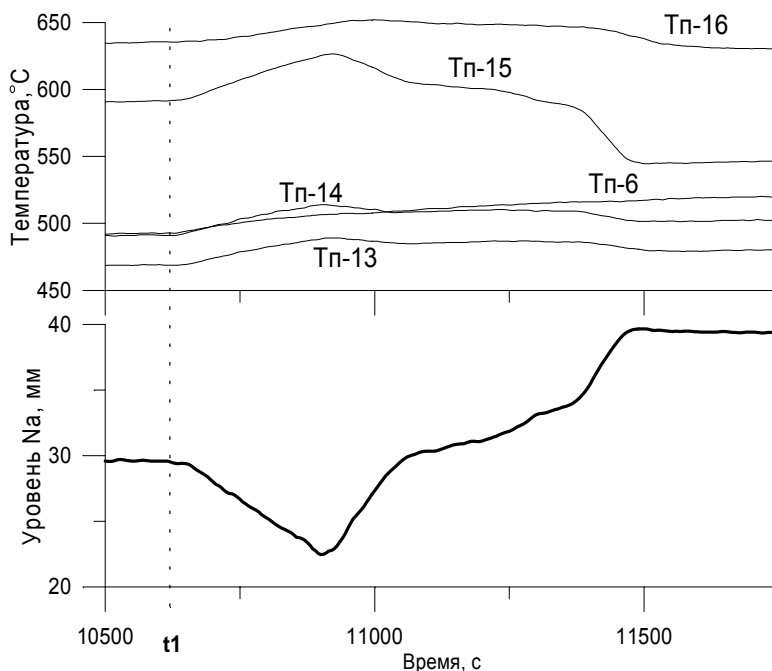


Рис. 3. Динамика уровня натрия в нижнем коллекторе модели после включения НИТ

Далее, на участке 11100...11350с темп сброса натрия падает, что связано с темпом разогрева сравнительно массивных испарителей-конденсаторов, затем он вновь резко возрастает и в итоге уровень натрия стабилизируется на отметке ~40 мм. Это наиболее вероятный уровень, он наблюдался в большинстве нормальных режимов работы ВТТ. Примечательно, что исходный уровень составлял в этом эксперименте ~30 мм, что также соответствует наиболее вероятной его величине перед запуском модели.

Последний всплеск уровня натрия связан по всей видимости с его стоком из кольцевого зазора верхней части I контура и из полости, образованной испарителями-конденсаторами, после запуска II контура. Максимальный перепад уровня в данном наблюдении составил 18 мм, что соответствует перераспределению по контуру ~31 см³ натрия. Это составляет ~30% действительной и более 100% расчетной заправки.

Для определения мест скопления жидкого натрия было проведено несколько специальных экспериментов, в частности, mk2814, с впрыском Ar в рабочую полость модели. Динамика уровня натрия, зафиксированная в эксперименте mk2814, представлена на рис. 4. Обозначения на нем аналогичны обозначениям рис.3.

Он демонстрирует постепенный выход натрия из цикла тепломассопереноса, длившийся около 2-х ч (отрезок 14500...21300 с). Примечательно, что температурный режим работы ВТТ был практически стационарным во времени этого эксперимента. Мощности нагревателей и режим работы холодильника также не менялись. Начавшееся снижение уровня натрия проходило после стабильного его положения в течение ~2-х ч на отметке ~40мм (на рис.4 эта часть эксперимента не представлена) и никоим образом не связано с изменениями режима работы модели.

За указанный двухчасовой период в данном эксперименте уровень натрия понизился на 7.4 мм, т.е. из процесса циркуляции по парожидкостному контуру

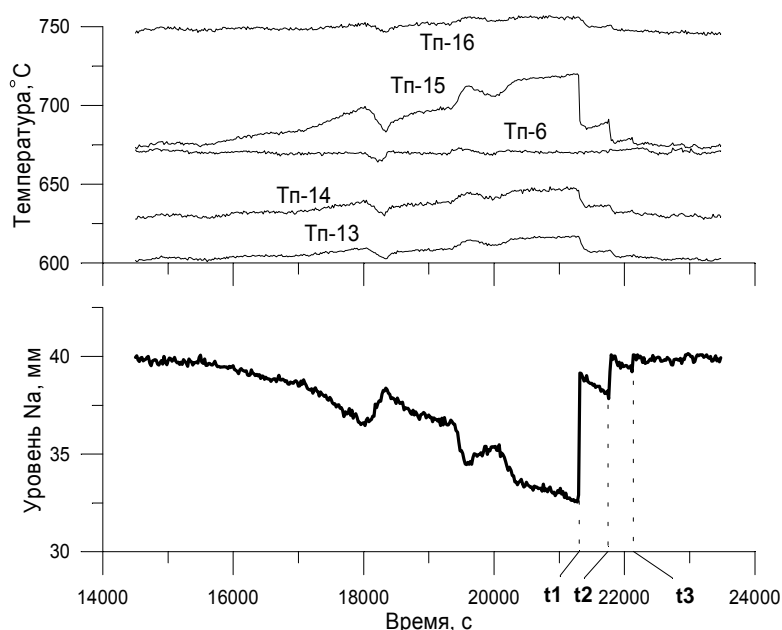


Рис. 4. Динамика уровня натрия в эксперименте mk2814

исключилось $\sim 13 \text{ см}^3$ теплоносителя. При этом, как это видно из рисунка, процесс снижения уровня после определенного момента ($\sim 18000 \text{ с}$) имеет явные нерегулярности, когда на глобальную кривую его снижения накладываются всплески с его повышением. Налицо неустойчивая работа жидкостной части теплопередающего контура, что проявилось в существенных колебаниях уровня натрия в нижнем коллекторе I контура модели на фоне нелинейного отрицательного тренда этой величины.

Это одно из самых удивительных наблюдений можно считать иллюстрацией к поведению части жидкого теплоносителя как псевдотвердого тела (температура в опытах была значительно выше температуры плавления натрия). К сожалению, до конца пока не понята физическая сущность процесса и что является границей перехода части жидкости из одного состояния в другое. В разных экспериментах время “старта” для снижения уровня натрия в коллекторе было разным (от 2-х до 12-ти ч), но характер процесса в основе своей сохранялся. Нам кажется, что путь для объяснения подобной странности в поведении натрия следует искать в изменении свойств жидкости на границе с твердым телом в зоне конденсации I контура, где, отметим, всегда присутствуют НКГ неизвестного состава. Газы, как известно, могут влиять на способность натрия к зависанию двумя путями. Так за счет адсорбции на поверхности они меняют смачиваемость твердых тел, а при растворении в жидкости - ее свойства.

Следует отметить, что в устройствах типа ВТТ есть все условия для появления химической (активированной) адсорбции, которая не приводит к удалению газа с поверхности металла при росте температуры. Кроме того, в результате химической адсорбции на поверхности металла образуются отдельные атомы и радикалы, которые по своим свойствам отличаются от исходного родительского газа и натрий изменяет свои свойства уже от взаимодействия с этими радикалами [8,9].

Эффект зависания натрия, по-видимому, имеет ту же природу, что и известный всем экспериментаторам эффект приработки ВТТ, который заключается в замет-

ном улучшении ее эксплуатационных характеристик за первые 30÷40 ч работы. Последний, если судить по ряду косвенных признаков, напрямую связан с НКГ, в частности, их десорбцией из металлов.

Процесс исключения из режима циркуляции натрия, имевший место в одном из экспериментов по наработке ресурса, привел к расплавлению оболочки имитатора твэла вследствие осушения его КПС. Осушение, как было выяснено при обработке термометрической информации, было спровоцировано возникшим дефицитом натрия в нижнем коллекторе I контура.

Анализ нескольких наблюдений, подобных проиллюстрированным рис.3 и 4, помог выявить места скопления натрия в I контуре. Ими в моделях подобного типа оказались, как уже указывалось выше, кольцевые зазоры, которые имеются в моделях подобной конструкции в зоне подсоединения к модели ресивера НКГ (см. рис.2), являющегося основным элементом устройства для оперативной откачки неконденсирующихся газов. Часть жидкой фазы натрия «зависает», видимо, также в полостях, образованных тройкой цилиндрических испарителей-конденсаторов.

Правильность такого утверждения была подтверждена специальным экспериментом с впрыском инертного газа в рабочую полость I контура через ресивер (отсутствие натрия в ресивере контролировалось набором специальных термпар). В каждом акте впрыскивался аргон объемом 3см^3 при давлении ~0.7 ата. При этом вначале наблюдалось резкое повышение уровня натрия в нижнем коллекторе вследствие обвального поступления его туда, т.е. впрыскиваемый газ провоцировал сброс натрия, скопившегося в кольцевом зазоре, в нижний коллектор.

Вышесказанное демонстрирует рис.4, где три первых момента впрыска НКГ отмечены как t_1 , t_2 и t_3 . Видно, что первый впрыск (t_1) привел к восстановлению уровня в нижнем коллекторе до прежней отметки ~39 мм. После чего процесс вывода натрия из режима циркуляции возобновляется, о чем свидетельствует появление отрицательного тренда его уровня. Аналогичная картина наблюдается и при последующих впрысках НКГ в контур. Однако после последнего, пятого впрыска, уровень натрия был практически стабильным до конца эксперимента (~1.5 ч, не показанных на рис.4), установившись на отметке ~40 мм.

В этом, как и в других схожих экспериментах, была выявлена связь эффекта зависания натрия с количеством НКГ в контуре. Подобные факты косвенно подтверждают предположение, что одна из причин зависания натрия на внутренних элементах зоны конденсации ВТТ связана с изменением свойств жидкости (степени «прилипания») в присутствии НКГ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проведении экспериментов на тепловых трубах сложной конструктивной формы были выявлены режимы их работы, в которых возможно «зависание» значительных количеств натрия в жидкой фазе в районе конденсатора.

Эффект «зависания» проявляется в том, что часть жидкого теплоносителя (неподвижного) приобретает свойства твердого тела и способна воспринимать не только растягивающие напряжения, но и касательные, т.е. имеется эффект, подобный эффекту «трения покоя». Этот эффект значимо присутствует только в моделях сложных конструкций, где есть полости, зазоры шириной 5 мм и менее, а также другие пространства, удобные для зависания жидкой фазы и имеющие некоторое количество неконденсирующегося газа, что, по нашим наблюдениям, заметно влияет на способность жидкости воспринимать нагрузку в виде касательных напряжений. Нам кажется, что путь для объяснения подобной странности в поведе-

нии натрия следует искать в изменении структуры жидкости на границе с твердым телом (в данном случае ее изменение в сторону увеличения воспринимаемых касательных напряжений) в зоне конденсации I контура, где всегда присутствуют НКГ неизвестного состава.

В целом ряде экспериментов была выявлена связь эффекта «зависания» натрия с количеством НКГ в контуре. Подобные факты косвенно подтверждают предположение, что одна из причин зависания натрия на внутренних элементах зоны конденсации ВТТ связана с изменением свойств жидкости (степени «прилипания» или изменения «трения покоя») в присутствии НКГ, либо в том числе и изменения химического состава НКГ в рабочем объеме модели (не следует упускать из вида, что к НКГ неизвестного состава всегда добавляли инертный аргон).

Характерные времена изменения уровня теплоносителя позволяют определить поведение части жидкого теплоносителя как псевдотвердого тела в процессе пластической деформации под воздействием массовых сил. К сожалению, до конца пока не понята физическая сущности процесса, и что является границей перехода части жидкости из одного состояния (текучая жидкость) в другое (псевдотвердое тело в состоянии «зависания»). Возможно, что на поверхности элементов конструкции в результате химической адсорбции образуются отдельные атомы или радикалы, способные при определенных условиях изменять физические характеристики натрия. Для выяснения причин такого явления необходимы специальные физико-химические эксперименты, однако даже приведенных здесь качественных эмпирических данных достаточно для кардинального пересмотра многих конструктивных решений проекта РИО с натрием.

Список литературы

1. Богомолов В.Н., Замиусский В.Н., Лопатинский В.Н., Рябый В.М., Шулепина Л.А. Информативность уровнемера нижнего коллектора в высокотемпературной тепловой трубе с натрием. - Обнинск: ФЭИ, н/т отчет №9066, тема: 06-06-00/6114, 1995. - 50 с.
2. Богомолов В.Н., Замиусский В.Н. Применение уровнемеров нижнего коллектора ВТТ с натрием для диагностических задач // Известия вузов. Ядерная энергетика. - 1996. - №4. - С.51-55.
3. Богомолов В.Н., Замиусский В.Н., Лопатинский В.Н., Рябый В.М. Некоторые результаты экспериментальных исследований режимов работы твэла РИО на одностержневой трехконтурной модели. - Обнинск: ФЭИ, н/т отчет №9303, тема: 06-06-00/6114, 1997. - 56 с.
4. Емельянов И.Я., Михан В.И., Солонин В.И. и др. Конструирование ядерных реакторов. - М.: Энергоатомиздат, 1982. - 398 с.
5. Богомолов В.Н., Замиусский В.Н., Лопатинский В.Н. Применение термопарного уровнемера для изучения динамики уровня натрия в нижнем коллекторе ВТТ в режиме с осушением КПС испарителя // Известия вузов. Ядерная энергетика. - 1998. - №2. - С.36-44.
6. Замиусский В.Н. Расчетно-экспериментальные методы идентификации нормальных и аварийных режимов работы ВТТ с натрием. Диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук. - Обнинск: ФЭИ 1998. - 155 с.
7. Дан П.Д., Рей Д.А. Тепловые трубы. - М.: Энергия, 1979. - 271 с.
8. Ворончев Т.А., Соболев В.Д. Физические основы электровакуумной техники. - М.: Высшая школа, 1967. - 352 с.
9. Борисов С.Ф., Балахонов Н.Ф., Губанов В.А. Взаимодействие газов с поверхностью твердых тел. - М.: Наука, 1988. - 198 с.

Поступила в редакцию 28.10.99.

УДК 621.039.554.34

Experimental and Numerical Investigations of Mass- and Heat-Exchange Processes under the Loss Coolant Accident \A.D. Efanov, V.V. Lozhkin, B.I. Kulikov, O.A. Sudnitsin, Yu.A. Bezrukov, S.N. Zaitzev; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 15 pages, 14 illustrations. – References, 6 titles.

Experimental investigations of thermo-hydraulic characteristics, temperature modes of fuel assemblies simulators and velocities of wetting front under the maximal design accident at the stage of repeated gulf of reactor core are carried out on full-scale models of fuel assemblies of VVER-1000 with 7 and 37 rods. The experiments were conducted on repeated gulf loop of the stand (SVD-1).

УДК 536.24

Turbulizing Influence of Smooth Cylindrical Elements on Intensification of Heat-Exchange of Symmetric Passage Pipe Bundles \A.A. Anisin, A.K. Anisin, V.T. Buglaev; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 13 pages, 5 illustrations, 2 tables. – References, 5 titles.

The opportunity is analysed for intensification of heat transfer of transversally streamlined symmetric passage pipe bundles under usage of smooth turbulizing rods sequentially disposed at centers of pipe cells in its arrangement scheme. Realization of the introduced arrangement scheme of pipe elements as a combined surface of the bundle of pipes of different diameters and its heat-air-dynamic characteristics obtained by experimental way, testify to opportunity of practical application of the offered approach to increase the efficiency of pipe heat-exchange devices.

УДК 532.526.4:621.039.534

Diagnostics of Distance up to the Point of Rupture of the Pipe Line using the Change of Hydraulic Characteristics \E.F. Avdeev, V.V. Bolshunova; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 4 pages, 1 illustration, 2 tables. – References, 4 titles.

New approach is developed for finding out the distance up to the point of partial rupture in loop contours or main pipe lines using the change of the hydraulic characteristics under initiation of leak.

УДК 621.039.564.5

Ultrasound Waveguide Multipoint System of Visualisation of Two-phase Coolant \V.I. Melnikov, V.V. Kontelev, V.V. Ivanov, X.-M. Prasser, V. Zippe; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 8 pages, 4 illustrations. – References, 17 titles.

New ultrasonic diagnostic system for high-speed visualization of coolant in pipelines is represented in the paper. The principle of activity, design features and technique of visualization of two-phase streams is described. The results of experimental testing of this system on the thermal-physical stand are given.

УДК 621.039.534.63

Effect of «Hanging» of Liquid Sodium and Its Influence on Operation of Heat Exchangers of an Evaporative - Condensation Type \M.N. Arnoldov, V.N. Bogomolov, O.G. Grigoriev, V.N. Zamusskiy; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 8 pages, 4 illustrations. – References, 9 titles.

Phenomenon of relocation of considerable volumes of liquid sodium stipulated by effect of its «hanging» on interior devices of complex construction high-temperature thermal pipes (HTTP) over contour of the sodium HTTP is described. Influence of this effect on operation of evaporative - condensation systems (ECS) is shown. Necessity of checking of the sodium level for identification of abnormal modes of the ECS connected with drainages of capillary - porous structure of evaporation zone is proved.