

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ МОДЕЛИ ПАРОГЕНЕРАТОРА РЕАКТОРА ВВЭР В КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ В СЛУЧАЕ ЗАПРОЕКТНОЙ АВАРИИ

А.В. Морозов, О.В. Ремизов, А.А. Цыганок, Д.С. Калякин

ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск



На крупномасштабном стенде ГЕ2М-ПГ проведены экспериментальные измерения тепловой мощности модели парогенератора реактора ВВЭР, работающего в конденсационном режиме в случае запроектной аварии. Опыты проведены в условиях естественной циркуляции в первом (конденсирующий пар) и втором (кипящая вода) контурах стенда при трех значениях давления пара первого контура P_{s1} : 0,21, 0,36, 0,77 МПа. Получена эмпирическая зависимость тепловой мощности теплообменных аппаратов, работающих в режиме конденсации пара, от перепада давлений между контурами.

Ключевые слова: реактор ВВЭР, горизонтальная труба, конденсация, естественная циркуляция.

Keywords: VVER reactor, horizontal tube, condensation, natural circulation.

ВВЕДЕНИЕ

В проекте «АЭС-2006» с реактором ВВЭР-1200 в случае запроектной аварии, связанной с разрывом трубопроводов первого контура реакторной установки, предусматривается использование системы пассивного отвода тепла (СПОТ) для охлаждения активной зоны. Система состоит из четырех независимых каналов, по одному на каждый парогенератор (ПГ). Каждый канал включает в себя два теплообменника-конденсатора, охлаждаемых атмосферным воздухом, трубопроводы пароконденсатного тракта и воздухопроводы с затворами и регулятором. При авариях с разрывом главного циркуляционного трубопровода система пассивного отвода тепла обеспечивает перевод горизонтальных парогенераторов на работу в режиме конденсации пара первого контура, поступающего в трубчатку ПГ из реактора. Конденсат из парогенераторов поступает в активную зону, обеспечивая ее дополнительное охлаждение. Совместно с работой других пассивных систем СПОТ должна обеспечивать отвод остаточных тепловыделений от активной зоны в течение не менее 24 часов [1].

В результате конденсации в трубчатке ПГ пара первого контура происходит нагрев воды второго контура до температуры насыщения с получением пара. За счет естественной циркуляции в пароконденсатном тракте СПОТ пар поступает в воздушные теплообменники, установленные на наружной поверхности защитной

© **А.В. Морозов, О.В. Ремизов, А.А. Цыганок, Д.С. Калякин, 2009**

оболочки. Пар конденсируется, отдавая тепло окружающему воздуху, и конденсат поступает обратно в межтрубное пространство ПГ. Таким образом, теплообменный аппарат, спроектированный на работу при вынужденном движении теплоносителей обоих контуров, переводится в режим работы многорядного горизонтального паротрубного конденсатора-испарителя при естественной циркуляции в обоих контурах и низких значениях температурного напора между ними. Такое резкое изменение режима работы парогенератора существенно изменяет и характер протекающих в нем процессов теплообмена. На экспериментальном стенде ГЕ2М-ПГ в ГНЦ РФ-ФЭИ были проведены измерения тепловой мощности парогенератора реактора ВВЭР, работающего в конденсационном режиме.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Стенд ГЕ2М-ПГ является крупномасштабной экспериментальной установкой, предназначенной для исследования работоспособности пассивных систем безопасности, входящих в проект реактора ВВЭР нового поколения. В состав стенда входят модель парогенератора реактора ВВЭР, бак-аккумулятор пара объемом 16 м³, имитатор теплообменника СПОТ, охлаждаемый технической водой. Основное оборудование стенда связано между собой трубопроводами и оснащено запорно-отсечной арматурой. Высотные отметки размещения оборудования соответствуют проектным. Для уменьшения тепловых потерь оборудование и технологические линии теплоизолированы. Пар на экспериментальную установку подавался по специальному паропроводу от одного из отборов турбины ТЭЦ ФЭИ. На рисунке 1 показано размещение основного оборудования, а на рис. 2 приведена принципиальная технологическая схема стенда ГЕ2М-ПГ.

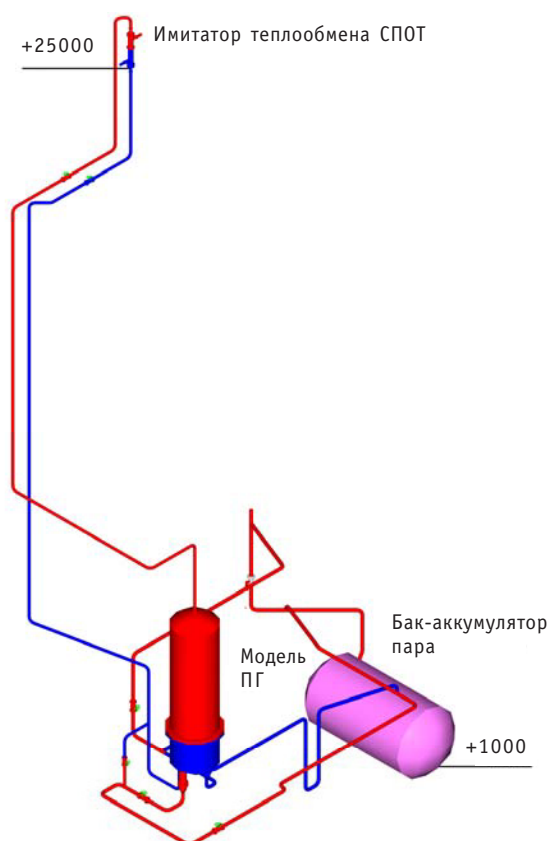


Рис. 1. Размещение основного оборудования на стенде ГЕ2М-ПГ

При разработке парогенератора для стенда за базовый аппарат был принят существующий парогенератор ПГВ-1000 реактора ВВЭР. Геометрия теплопередающей трубки теплообменника: длина, наружный диаметр, толщина стенки соответствует геометрии трубки натурного парогенератора. Расстояние между крайними рядами трубок использованного на стенде теплообменника соответствует высоте трубного пучка парогенератора ПГВ-1000, что обеспечивает штатный режим конвекции воды в объеме межтрубного пространства. Площадь поверхности трубного пучка теплообменного аппарата, использовавшегося на стенде, в 46 раз меньше площади теплообменных трубок натурного парогенератора.

Модель парогенератора стенда ГЕ2М-ПГ представляет собой теплообменный аппарат с двумя вертикальными коллекторами $\varnothing 219$ мм («горячим» и «холодным»). Трубный пучок

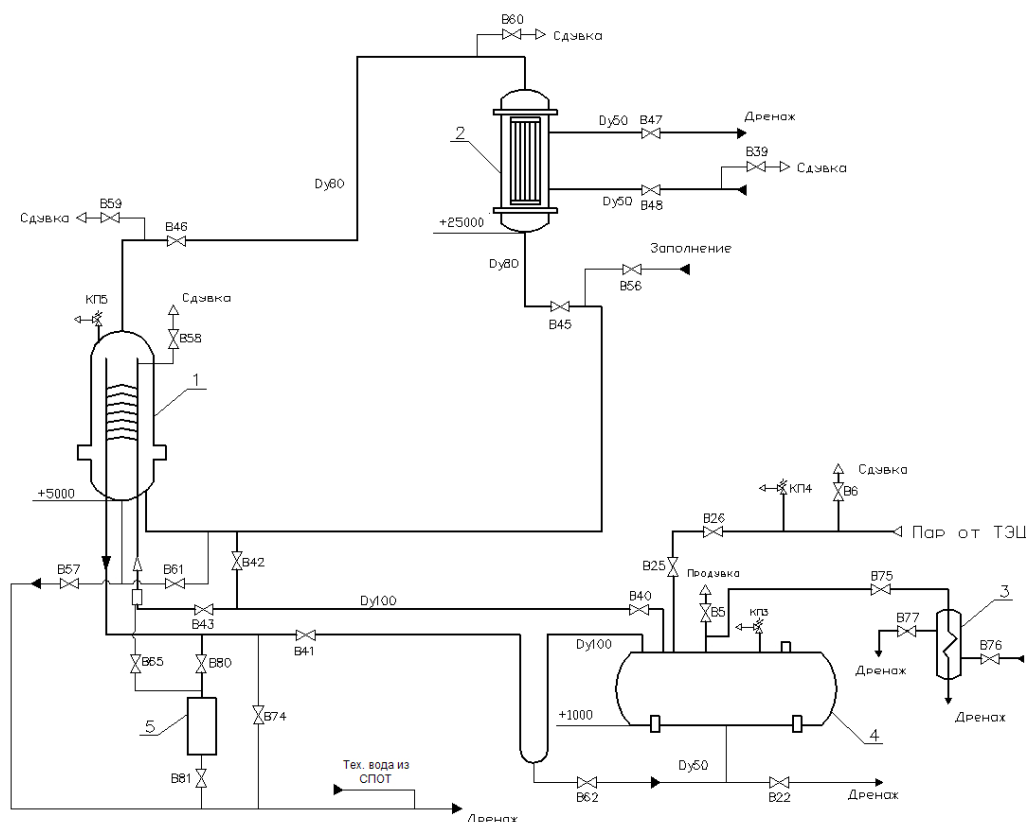


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема стенда ГЕ2М-ПГ: 1- модель парогенератора; 2 – имитатор теплообменника СПОТ; 3 – конденсатор; 4 – бак-аккумулятор пара; 5 – мерный бак

состоит из 248 горизонтальных змеевиковых труб, набранных в 62 ряда с постоянным шагом 36,5 мм по высоте коллектора 2225 мм. Каждый ряд состоит из 4 труб диаметром 16×1,5 мм и длиной 10,2 м. Для обеспечения стока конденсата из трубного пучка змеевики выполнены с уклоном от центра в сторону обоих коллекторов с высотным перепадом 20 мм. Материал трубок – нержавеющая сталь Х18Н10Т.

Контрольно-измерительные приборы, установленные на стенде, позволяли регистрировать теплофизические параметры установки. Основными измеряемыми величинами являлись расход пара в трубчатку парогенератора (т.е. тепловая мощность) и температурный напор между теплоносителями (т.е. разность давлений насыщения пара между первым и вторым контурами). Расход пара регистрировался как вихревым расходомером, так и непосредственным измерением объема конденсата, стекающего из коллекторов и трубчатки в мерный бак.

С помощью датчика дифференциального давления Метран-100-ДД измерялся перепад давления между контурами стенда, а с помощью дифференциальной термопары – температурный напор между средами первого (на входе в трубчатку) и второго (на выходе из объема межтрубного пространства) контуров. Кроме того, регистрировались давления и температуры по первому и второму контурам в нескольких точках, уровни жидкости в основных элементах стенда, а также параметры технической воды в имитаторе СПОТ (подогрев и расход). Модель парогенератора была оснащена более чем 100 кабельными термопарами Ø1,0 мм, позволяющими контролировать параметры сред первого и второго контуров стенда как в трубчатке, так и в межтрубном пространстве.

Регистрация давления по контурам стенда выполнялась с помощью пьезорезисторных датчиков избыточного давления Метран-100-ДИ (класс точности 0,25). Измерение уровней воды на стенде производилось гидростатическим методом с помощью датчиков разности давлений Метран-100-ДД (класс точности 0,25). Расход технической воды через теплообменник имитатора СПОТ контролировался с помощью измерения перепада давления на расходомерной шайбе прибором Метран-100-ДД. Измерение расхода пара на входе в модель ПГ осуществлялось с помощью вихревого счетчика пара Метран-332 (основная погрешность 1,5%). Частота опроса измерительных каналов компьютерной системы сбора составляла 1 Гц.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ И ПОДДЕРЖАНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Основной задачей проводимых исследований было измерение тепловой мощности модели парогенератора при работе в режиме конденсации пара (конденсационной мощности) при различных фиксированных давлениях первого контура P_{s1} и переменном давлении среды второго контура P_{s2} , т.е. при различных величинах температурного напора между контурами.

Граничные и начальные условия экспериментов на стенде задавались на основе результатов расчетного моделирования процессов в реакторной установке. Анализ различных вариантов аварии с разрывом трубопроводов первого контура был выполнен по программе ТЕЧЬ-М-97 [2]. Исходя из результатов расчетов давление пара первого контура в экспериментах по исследованию работы ПГ в конденсационном режиме изменялось в диапазоне 0,2–0,8 МПа.

Величина конденсационной мощности в экспериментах выбиралась исходя из экспериментальной зависимости мощности СПОТ от давления в парогенераторе, которая была получена на полномасштабной модели СПОТ в ОКБ «Гидропресс» [3]. С учетом масштабного коэффициента и того, что на стенде моделируется только один из четырех каналов системы СПОТ, диапазон изменения конденсационной мощности модели ПГ в экспериментах на стенде составил 65–510 кВт.

Эксперименты на стенде проводились по следующей методике. В начале эксперимента подачей пара заданного давления осуществлялся последовательный прогрев бака-аккумулятора, модели ПГ, имитатора теплообменника СПОТ и трубопроводов первого и второго контуров стенда до установления стационарных параметров среды. Определяющим показателем прогрева стенда служило равномерное тепловое поле по всему объему воды второго контура в парогенераторе и стабильность давлений в первом и втором контурах. Одновременно, с целью недопущения наличия в контурах паровоздушной смеси, открытием соответствующих продувочных вентилей обеспечивалась сдувка воздуха из трубопроводов и основного оборудования стенда. Затем с помощью изменения расхода технической воды через имитатор СПОТ устанавливались необходимые значения давления второго контура. После установления стационарного режима в течение не менее 1200 с производилась запись параметров с помощью системы сбора.

Особое внимание при проведении экспериментов было уделено поддержанию стабильных параметров сред первого и второго контуров. Из-за наличия процессов естественной циркуляции и небольших температурных напоров принципиально важным было поддержание постоянства давления греющего пара первого контура, что осуществлялось с помощью использования конденсатора (позиция 3 на рис. 2), соединенного с баком-аккумулятором пара. В ходе выполнения экспериментов проводилась регулировка расхода пара из бака-аккумулятора пара в конденсатор, охлаждаемый технической водой. Изменение расхода пара давало возможность как уменьшать, так и увеличивать величину давления на стенде. Исполь-

зование данной системы позволяло поддерживать в ходе опытов давление с точностью $\pm 0,01$ МПа. В качестве примера на рис. 3 приведены значения давлений в обоих контурах для одного из экспериментов.

Теплоизоляция как самого парогенератора, так и трубопроводов второго контура стенда обеспечивала поддержание равномерного температурного поля по всему объему воды второго контура в модели ПГ. Разность температур воды в межтрубном пространстве как по радиусу, так и по высоте теплообменного аппарата не превышала $0,8^\circ\text{C}$, что исключало недогрев воды. Пример записи температуры жидкости в межтрубном пространстве для одного из опытов приведен на рис. 4.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Были проведены три серии опытов при средних значениях давления пара первого контура P_{s1} : 0,21, 0,36, 0,77 МПа. Под серией понимается несколько экспериментов, проведенных при постоянном давлении P_{s1} и различных значениях P_{s2} , т.е. при изменении разности давлений ΔP между первым и вторым контурами. Диапазон исследованных перепадов давлений составлял примерно 18–90 кПа.

На рисунке 5 показано изменение величины расхода пара, конденсирующегося в модели ПГ, при различных значениях перепада давлений между контурами. Видно, что расход пара возрастает с увеличением перепада давлений ΔP (или соответствующего температурного напора ΔT) между контурами. Однако градиент $\Delta Q/\Delta P$ с ростом давления первого

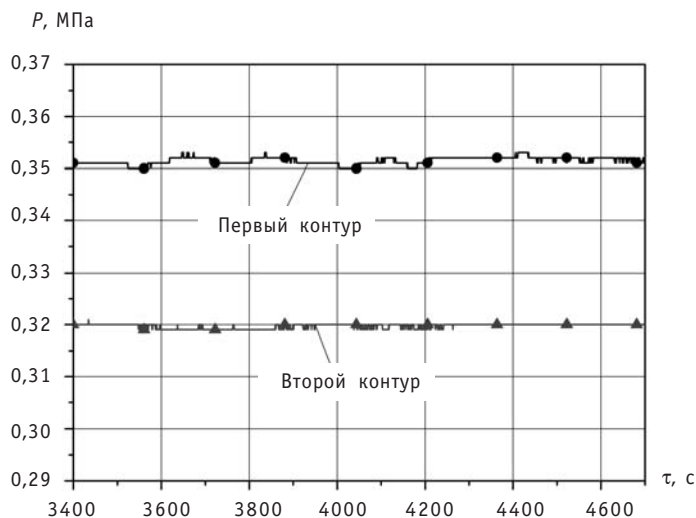


Рис. 3. Давление пара первого и второго контуров в эксперименте.
 $Q_{\text{пара}} = 128 \text{ м}^3/\text{ч}$; τ - время с момента установления стационарного режима

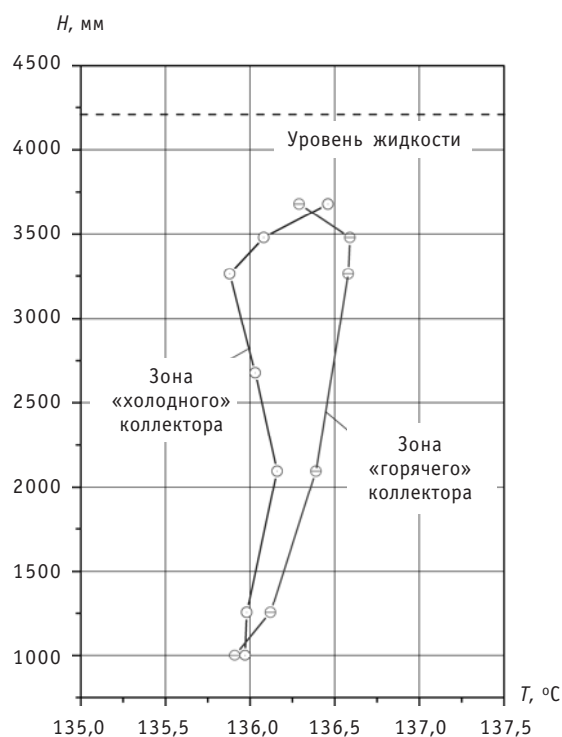


Рис. 4. Распределение температуры жидкости по высоте в межтрубном пространстве (расстояние от стенки корпуса – 280 мм) в эксперименте: $Q_{\text{пара}} = 128 \text{ м}^3/\text{ч}$; H – расстояние от дна корпуса модели ПГ

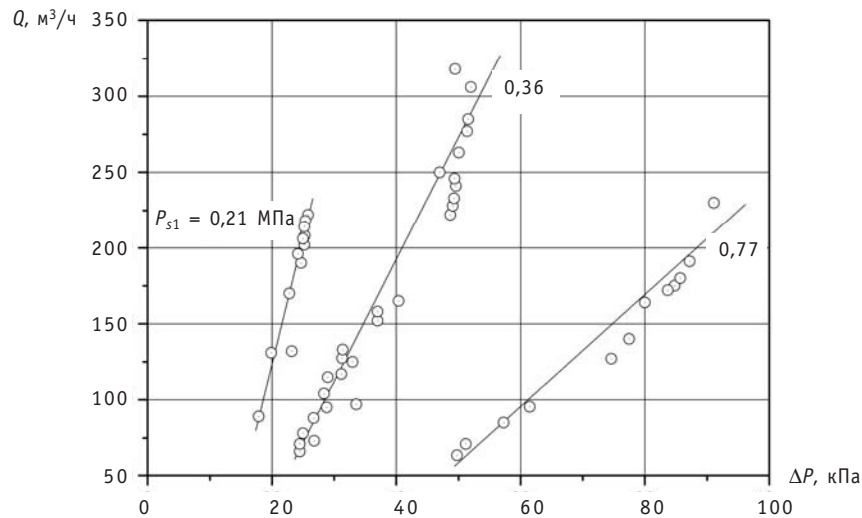


Рис. 5. Зависимость объемного расхода пара на модель парогенератора от перепада давлений между контурами

контура уменьшается, что связано с изменением физических параметров пара, в первую очередь, комплекса rp'' .

Поступающий в модель ПГ пар конденсируется как внутри трубного пучка, так и на внутренней поверхности вертикальных коллекторов. Количество пара, сконденсировавшегося в коллекторах, определялось по зависимости для конденсации медленно движущегося пара [4]. Для каждого проведенного эксперимента была определена величина расхода пара, сконденсировавшегося в коллекторах. В дальнейших расчетах тепловых характеристик модели парогенератора использовалась только величина расхода пара, сконденсировавшегося в трубном пучке.

Полученные экспериментальные данные по исследованию процессов теплопередачи от конденсирующегося пара к кипящей воде при работе ПГ в конденсационном режиме были обобщены в виде зависимости коэффициента теплопередачи от величин плотности теплового потока и давления первого контура $k = f(q, P_{s1})$. Использование коэффициента теплопередачи k в качестве обобщающего параметра обусловлено сложностью экспериментального определения коэффициентов теплообмена α как со стороны конденсирующегося пара, так и со стороны кипящей воды. Причиной этого является неравномерность температурных напоров по длине теплопередающей трубки при конденсации греющего пара. Кроме того, достаточно сложно оценить турбулизирующее влияние каждого последующего ряда трубок на процессы теплообмена. Поэтому целесообразно обобщение экспериментальных данных проводить по среднему для всего объема параметру, который объединял бы оба физических процесса (конденсацию и кипение). Таким параметром в данных условиях может быть только коэффициент теплопередачи, который можно рассчитывать по балансному соотношению

$$Q = \frac{kF\Delta T}{r\rho'_1}, \quad (1)$$

где Q – расход пара, сконденсировавшегося в горизонтальном трубном пучке ПГ, м³/с; F – площадь теплопередающей поверхности трубного пучка парогенератора, м²; ΔT – температурный напор между контурами, К; r – удельная теплота парообразования, Дж/кг; ρ'_1 – плотность пара первого контура, кг/м³.

По экспериментально измеренным величинам расхода пара и температурного

напора была получена зависимость коэффициента теплопередачи от плотности теплового потока, приведенная на рис. 6. Видно, что значения плотности теплового потока в экспериментах составляли 400–2800 Вт/м², при этом величина k достигала 650 Вт/м²·К.

Для каждого исследованного давления экспериментальные данные осредняются линиями, соответствующими зависимости

$$k = Aq^{0,5}P_{s1}^n \quad (2)$$

Обобщение экспериментальных данных по формуле (2) в исследованном диапазоне давлений дает следующее соотношение:

$$k = 13,6q^{0,5}P_{s1}^{0,4}, \quad (3)$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/м²·К; q – плотность теплового потока, Вт/м²; P_{s1} – давление пара первого контура, МПа.

Полученная эмпирическая зависимость применима для диапазона давлений греющего пара $P_{s1}=0,2–0,8$ МПа и позволяет рассчитывать теплопередачу при конденсации пара в теплообменниках с многорядным горизонтальным

трубным пучком в условиях отвода тепла к кипящей воде и наличии естественной циркуляции теплоносителей в обоих контурах.

По формуле (3) можно рассчитывать интенсивность теплообмена с поверхности трубчатки и анализировать влияние режимных параметров на теплопередачу. Однако главной задачей исследований было определение тепловой мощности парогенератора, работающего в режиме конденсации пара. Из формулы (3), учитывая $N=kF\Delta T$, получаем выражение для конденсационной мощности:

$$N_{\text{кон}} = 184F\Delta T^2 P_{s1}^{0,8}, \quad (4)$$

где F – площадь теплообменной поверхности трубного пучка, м².

Из формулы (4) видно, что величина $N_{\text{кон}}$ сильно (в квадрате) зависит от температурного напора (перепада давлений) между контурами и слабо (в степени 0,8) – от давления греющего пара.

На рисунке 7 показано сравнение расчетных величин конденсационной мощности с экспериментальными данными. Как видно из графика, расхождение не превышает 20%.

Таким образом, на основании проведенных экспериментальных исследований получена эмпирическая зависимость для расчета конденсационной мощности теплообменных аппаратов с многорядным горизонтальным трубным пучком, работающих в режиме конденсации пара при условиях естественной циркуляции и низких температурных напорах.

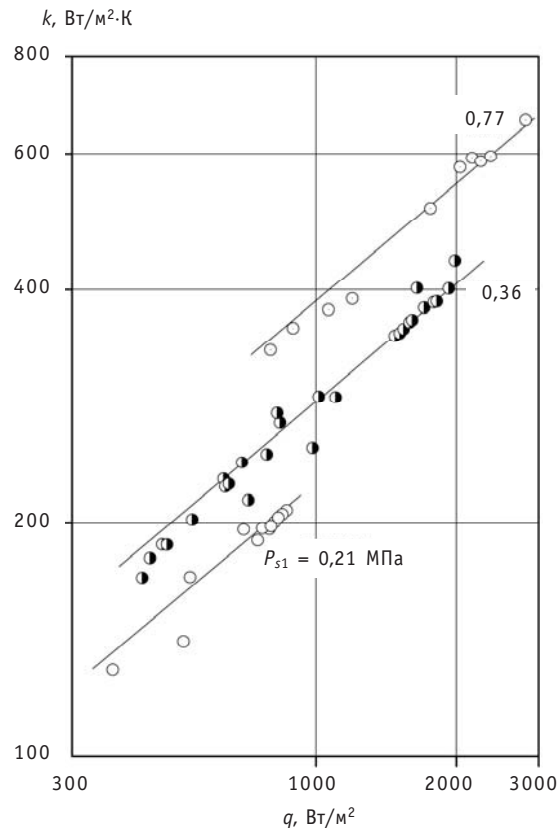


Рис. 6. Зависимость коэффициента теплопередачи от плотности теплового потока. P_{s1} – давление пара первого контура

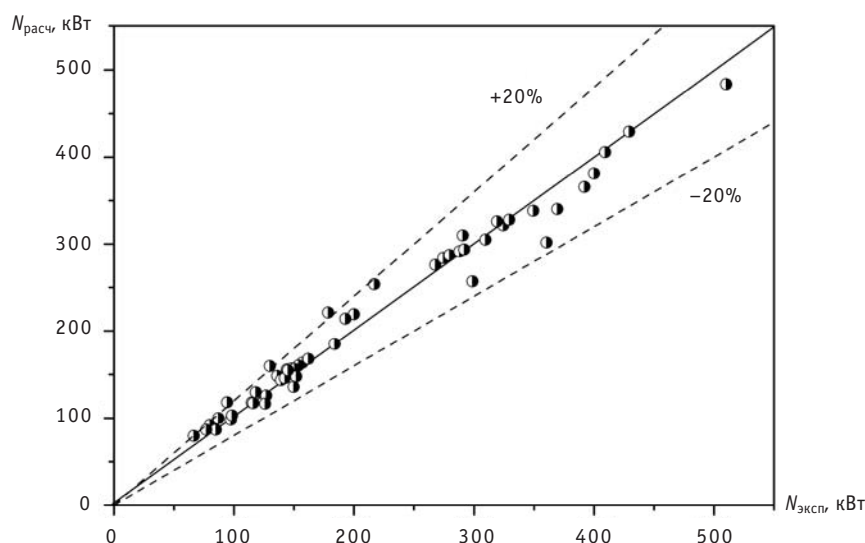


Рис. 7. Сравнение расчетных величин конденсационной мощности модели парогенератора реактора ВВЭР с экспериментальными данными

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На экспериментальном стенде ГЕ2М-ПГ проведены измерения тепловой мощности модели парогенератора, работающего в конденсационном режиме. Опыты проведены при давлении греющего пара P_{s1} , равном 0,21, 0,36, 0,77 МПа.

2. Обобщающим экспериментальные данные критерием является величина коэффициента теплопередачи k , которая зависит от плотности теплового потока $k \sim q^{0,5}$ и давления насыщения пара первого контура $k \sim \Delta P_{s1}^{0,4}$.

3. На основании проведенных экспериментальных измерений впервые получена эмпирическая зависимость для расчета конденсационной мощности $N_{кон}$. Величина $N_{кон}$ сильно зависит от температурного напора (перепада давлений) между контурами $N_{кон} \sim \Delta T^2$ и слабо – от давления греющего пара $N_{кон} \sim P_{s1}^{0,8}$.

4. Полученная эмпирическая зависимость может использоваться для обоснования работы теплообменного оборудования АЭС с реактором ВВЭР в штатном конденсационном режиме, а также применяться для верификации расчетных кодов.

Литература

1. Коршунов А.С., Таранов Г.С. Использование пассивных технологий обеспечения безопасности в проекте НВАЭС-2. Пути совершенствования пассивных технологий для исключения тяжелых аварий/VI Международная научно-техническая конференция «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики» (М., 21-23 мая 2008 г.): Сб. трудов. – М.: Концерн «Росэнергоатом», 2008. – С. 979-990.
2. Беркович В.М., Копытов И.И., Таранов Г.С. и др. Особенности проекта АЭС нового поколения с реактором ВВЭР-1000 повышенной безопасности//Теплоэнергетика. – 2005. – № 1. – С. 9-15.
3. Григорьев М.М., Плаксеев А.А., Подпорина Н.А. Мощностные характеристики системы пассивного отвода тепла АЭС с ВВЭР-1000 в зависимости от параметров среды в парогенераторе/VI Международный семинар по горизонтальным парогенераторам (Подольск, 22-24 марта 2004 г.): Сб. докладов. – Подольск: ОКБ «Гидропресс», 2004. 1 электр. опт. диск (CD-ROM).
4. Кутателадзе С.С., Боришанский В.М. Справочник по теплообмену. – М.: Госэнергоиздат, 1958. – 414 с.

Поступила в редакцию 1.09.2009

The paper presents the results of experimental investigation of changes in physical characteristics of the SM reactor core in the course of its conversion to new fuel with the increased content of U-235 in a fuel rod. The methodical peculiarities of the experiments are described. The functional dependences and values of the temperature and power coefficients of reactivity have been determined as well as the effectiveness and calibration characteristics of the control rods and reactivity effects when reloading the fuel assemblies. The performed micro-runs have been analyzed in terms of the feasibility of the reactor with pilot fuel assemblies. Data have been obtained to introduce changes into the reactor design documents and to revise the safety analysis. Based on the obtained results, the recommendations have been made on the possibility to use the new pilot fuel assemblies as standard ones.

УДК 621.039.52:615.849.1

Subcritical Systems for Neutron Therapy: Simulation Techniques & Performance Criteria \Yu.A. Kurachenko; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 9 pages, 3 tables, 7 illustrations. – References, 11 titles.

Simulation techniques based on combined transport codes application to new neutron facilities beams are proposed. «In air» & «in phantom» characteristics of the facilities are optimized for the neutron capture therapy. It is displayed that new facilities provide absolute safety, simplicity of technology and exploiting; they are highly competitive with these existing and designing ones for the neutron capture therapy.

УДК 621.039.553.34

Status of Study on Heat Transfer in Fuel Pin Bundles and Some Problems of Liquid-Metal Cooling \A.V. Zhukov, J.A. Kuzina, A.P. Sorokin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 14 pages, 1 table, 11 illustrations. – References, 28 titles.

Data on heat transfer and temperature fields of fuel pins in triangular and square lattices with liquid-metal cooling are systematized. Necessity of detailed additional studies for square pin lattices is emphasized.

УДК 621.039.51:536.248.2

The generalize of Experimental Data on the Critical Heat Flux in the Clusters with Triangular Disposition of Rods \A.A. Ivashkevitch; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 6 pages, 2 tables. – References, 18 titles.

The correlation for the critical heat flux in form $q_{кр} = x_{bx} L_k$ in the uniformly heated clusters with the triangular disposition of the rods is obtained. As compared with the early suggested correlations the proposed correlation generalizes the experimental data in the more broad diapasons of the regime parameters and with smaller standard deviation.

УДК 621.039.58:532.529.5

Experimental Study of Non-equilibrium Thermal-hydraulic Processes in a Passive VVER Core Reflooding System \A.V. Morozov, O.V. Remizov, A.A. Tsyganok; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 9 pages, 1 table, 8 illustrations. – References, 5 titles.

The paper presents the results of experimental investigations of the interaction between saturated steam and cold water at its flowing out from a vertical tube of the passive VVER core reflooding system from the second-stage hydroaccumulators. A physical model of the process of water outflow into countercurrent saturated steam flow in a vertical blanked-off tube with a variable level has been proposed. The semi-empirical correlation has been obtained for calculating the time of discharge from vertical blanked-off tubes.

УДК 621.039.58:536.423

Experimental Measurement of the Thermal Capacity of the VVER Steam Generator Model in Condensation Mode in the Event of the Beyond Design Basis Accident \A.V. Morozov, O.V. Remizov, A.A. Tsyganok, D.S. Kalyakin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 8 pages, 7 illustrations. – References, 4 titles.

The experimental measurement of the thermal capacity of the VVER steam generator model in

condensation mode in the event of the beyond design basis accident has been carried out at the GE2M-PG large-scale facility. The tests were carried out under conditions of natural circulation, both in primary (condensing steam) and in the secondary (boiling water) circuits of the facility at primary circuit steam pressures P_{s1} : 0.21, 0.36, 0.77 MPa. The empirical correlations for prediction of the thermal capacity of heat-exchange apparatus working in the mode of steam condensation from pressure difference between circuits were obtained.

УДК 621.039.53

VVER-1000 Fuel Irradiation in the MIR Reactor under Conditions Simulating II and III Stage of the Design-Basis «Large-leak» Accident \A.V. Alekseev, A.V. Goryachev, V.V. Kalygin, I.V. Kiseleva, V.N. Shulimov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 5 pages, 5 illustrations. – References, 2 titles.

Presented are the testing procedure and results of a VVER-1000 fuel assembly fragment incorporating 19 fuel elements in the MIR reactor channel under conditions of the second and third stage of the «Large Leak» accident. In the experiment the final stage of the accident was simulated which takes place under non-compensatory escape of coolant from the primary cooling circuit as a result of rupture of the pipe having maximum diameter. The main purpose of the test is obtaining data on the cladding deformation of fuel elements with different fuel burnup under the above conditions.

УДК 621.039.7:546

Determination of Radiation Heterogeneity and Damaged Volume of Multiphase Actinide Compositions \A.A. Kozar; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 9 pages, 5 illustrations. – References, 12 titles.

The quantitative determination of radiation heterogeneity is proposed for multiphase actinide compositions. This parameter gives possibility to compare them radiation stability degree relative to a self-irradiation by heavy charged particles without the detailed description of these systems. The matrixes radiation heterogeneity is determined depending on diameter of included actinide microspheres and microcylinders. The calculation of matrixes damaged volume is made for different concentrations of included actinide microspheres and microcylinders depending on them diameter. It is shown, that increase of actinide phase size enables to increase its contents in a matrix without rise of dose load on a frame.

УДК 621.039.526:621.039.54

Investigation of Properties of Modified Oxides Structured by Nanotechnology \I.S. Kurina, O.V. Serebrennikova, V.N. Rumyantsev, A.M. Dvoryashin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 8 pages, 1 table, 4 illustrations. – References, 17 titles.

Research results on the $\text{PuO}_2 + \text{MgO}$ fuel composition with CeO_2 as a PuO_2 simulator are presented. The water nanotechnology for the production of oxide ceramic materials, developed in IPPE, is used for fabrication of powders and pellets. This technology includes obtaining precipitate, consisting of particles of different sizes as well as of nanoparticles, which is further calcinated, pressed and sintered. It results in modifying structure of the sintered pellets. Modified pellets have anomalously high thermal conductivity measured by the axial thermal current method.

УДК 621.039.534

Specificities of Reactor Coolant Pumps Units with Lead and Lead-Bismuth Coolant \A.V. Beznosov, M.A. Anotonenkov, P.A. Bokov, V.S. Baranov, M.C. Kustov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 6 pages, 3 illustrations.

The results of analysis of the impact of specific properties of lead and lead-bismuth coolant in the characteristics of their flow in the flow of the main circulating pumps and auxiliary power units with these coolants. The impossibility of cavitation (in its traditional sense) in a flow of impeller pumps, pumping lead and lead-bismuth coolants. The results of experimental studies discontinuities of the heavy liquid metal coolant and discussed conditions for the occurrence of cavitation in the flow of gas coolant. Is substantiated miscalculation of circulation pumps, pumping lead and lead-bismuth coolants, wetting the walls restricting the flow of traditional methods for water and sodium coolant.