

МЕТОД СУПЕРПОЗИЦИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВАХ ПОЛЕМ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТРАССЕРА

В.Н. Дельнов*, Ю.Д. Левченко*, С.Ф. Шепелев**

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

***ФГУП «ОКБМ», г. Н. Новгород, Россия*



В каждую характерную площадку на входе в проточную часть рабочего участка производится поочередно локальный ввод трассера, а на выходе из нее измеряются отклики – концентрации трассера в потоке рабочей среды. Локальный расход трассера пропорционален потоку тепловой энергии через характерную площадку. Сумма измеренных концентраций от каждого локального ввода трассера является пропорциональной локальной температуре на выходе из проточной части рабочего участка. Применение метода суперпозиции откликов позволяет повысить точность моделирования температурного поля и упростить конструкцию рабочего участка для исследования процессов перемешивания в теплообменном устройстве.

Ввод трассера в поток рабочей среды применяется достаточно широко при исследованиях теплогидравлических и массообменных процессов, режимов течения жидкостей и газов. Массовое количество вводимого трассера должно быть небольшим, чтобы не происходило изменение физических свойств и искажение поля скоростей основной рабочей среды.

Математической основой применения трассера является одинаковый вид уравнений переноса тепла и массы, позволяющий применять метод аналогии при исследованиях полей температуры. В практических случаях влияние чисел Прандтля (Pr), Шмидта (Sc) и их турбулентных значений Pr_t , Sc_t невелико или может быть учтено. При этом исследования полей температур процессов перемешивания в проточных частях теплообменных установок могут проводиться на экспериментальных моделях с вводом трассера, а по полям концентраций можно судить о полях температуры. Важно, что при этом допускается использование изотермических аэродинамических моделей, значительно более дешевых и методологически обеспеченных по сравнению с гидродинамическими, а тем более оснащенными нагревательными устройствами.

При моделировании температурных полей полем концентраций трассера на входе в проточную часть исследуемого рабочего участка (модели теплообменного устройства производится одновременный выпуск трассера в значительное ко-

личество элементарных площадок, геометрически подобных площадкам натурального изделия, на площади которых скорости и температуры можно принять постоянными. Количество площадок должно быть обоснованным в зависимости от сложности форм поля температур и скоростей. Принципиально при увеличении количества площадок точность задания исходных полей скорости и температуры увеличивается. Но в связи с этим возникают методические и технические сложности, т.к. экспериментальную модель необходимо оснащать значительным количеством устройств ввода трассера, расходомеров. При объединении устройств ввода коллекторами возникает сложность обеспечения заданным локальным расходом трассера, влияния вводов друг на друга. Авторы работы в полной мере столкнулись с методической сложностью задания исходного поля температуры при экспериментальном исследовании поля температуры на выходе из сборного коллектора высокотемпературного гелиевого реактора ВГ-400.

В различных областях математики и механики, в которых исследуются поля откликов локальных возмущений, развит и применяется принцип суперпозиции. А о влиянии суммарного возмущения судят по суперпозиции полей откликов локальных возмущений. В настоящей работе идея принципа суперпозиции распространяется на моделирование и исследование температурных полей и перемешивания потока в проточных частях теплообменных устройств.

Метод трассера является известным и широко применяемым при экспериментальном исследовании тепло-, массо- и гидродинамических процессов. Способам визуализации потоков и получения количественной информации о локальных свойствах течения жидкостей и газов с помощью трассеров посвящено значительное количество работ [1–6]. Важным для выбора и применения трассера является условие, чтобы ввод трассера не влиял на поле характеристик потока рабочей среды в экспериментальном рабочем участке, моделирующем проточную часть технического устройства.

Теоретические основы метода моделирования температурного поля полем концентраций трассера состоят в том, что

- структура дифференциальных уравнений переноса тепла и массы одинакова

$$\frac{\nabla^2 T_n}{Re_n \cdot (Pr_n + Pr_T)} - (W_n \cdot \nabla) \cdot T_n = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\nabla^2 C_m}{Re_m \cdot (Sc_m + Sc_T)} - (W_m \cdot \nabla) \cdot C_m = 0, \quad (2)$$

где индексами n, m обозначены свойства рабочих сред в натурном устройстве и моделирующем рабочем участке; W, T – локальные скорость и температура рабочих сред соответственно; C – локальная концентрация трассера в потоке моделирующей рабочей среды; Re, Pr, Sc – числа Рейнольдса, Прандтля и Шмидта соответственно; индексом t обозначены турбулентные значения чисел Прандтля и Шмидта;

- обеспечивается подобие полей скорости в потоках рабочих сред в натурном устройстве и моделирующем рабочем участке;

- параметры турбулентного обмена теплом и массой $Pr_T = 0,7–0,9$ и $Sc_T = 0,7–0,9$, т.е. примерно равны. При исследовании температурных полей в потоке жидких металлов аналогия в процессах обмена теплом и массой может обеспечиваться заданием числа Re_m [7].

На основе этих положений теории приближенного моделирования был создан экспериментальный рабочий участок, моделирующий в масштабе 1:5 проточную часть сборного коллектора высокотемпературного газового ядерного реактора ВГ-

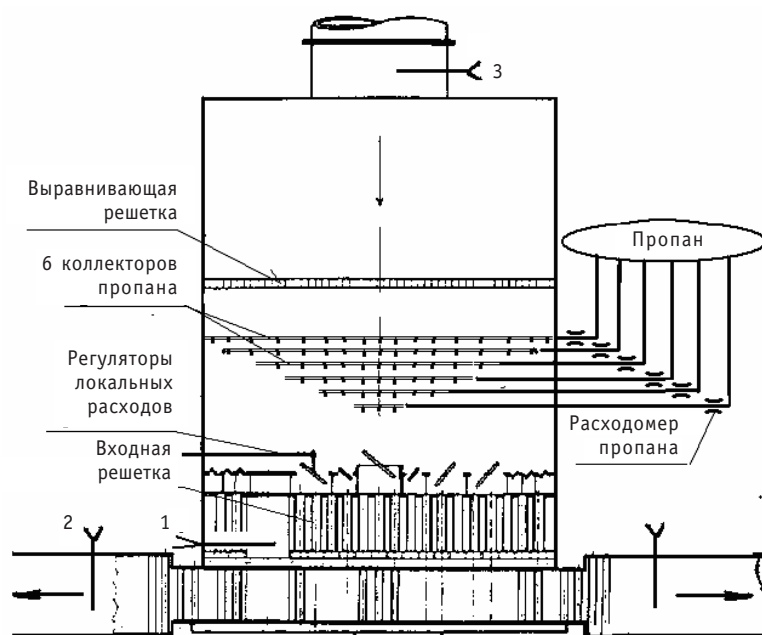


Рис. 1. Схема рабочего участка, моделирующего проточную часть сборного коллектора реактора ВГ-400: 1–3 – зонды скорости

400 (рис. 1). Реактор ВГ-400 характеризуется высокой радиальной неравномерностью температур ($700\text{--}1200^\circ\text{C}$) на выходе из активной зоны и соответственно на входе в сборный коллектор. Для обеспечения температуры на входе в отводящие патрубки, равной $950\pm 50^\circ\text{C}$, необходимо достаточное перемешивание теплоносителя – гелия в пределах объема сборного коллектора.

Исходными данными для исследования процесса перемешивания в коллекторе были радиальные профили скорости и температуры на выходе из активной зоны (рис. 2 и 3). Обозначения на рисунках следующие: r/R – безразмерная радиальная координата с максимальным внутренним радиусом активной зоны R ; $W_1/\langle W_1 \rangle$ – относительная скорость потока гелия со средней скоростью $\langle W_1 \rangle$; T – локальная температура гелия.

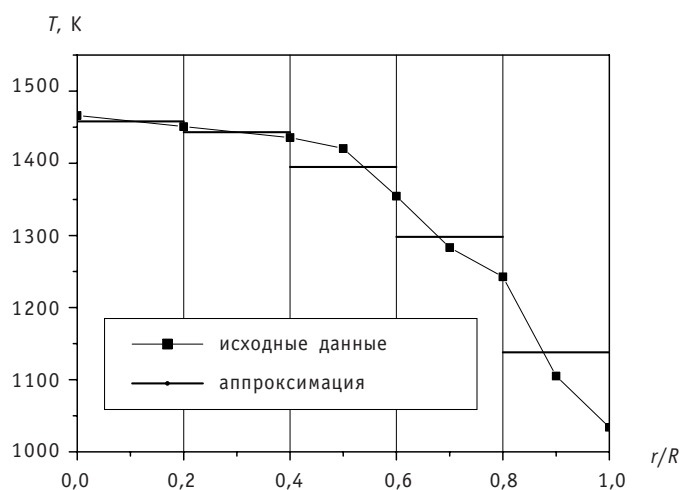


Рис. 2. Профиль температуры на входе в сборный коллектор

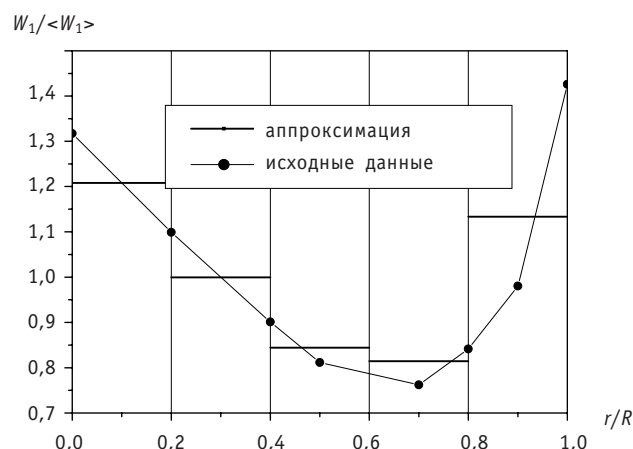


Рис. 3. Профиль скорости на входе в сборный коллектор

Профиль скорости на входе в проточную часть рабочего участка, соответствующий заданному на рис. 3, был подобран в опытах с помощью регуляторов локальных расходов – дросселирующих заслонок на отдельных участках входной решетки. Опытный профиль скорости на вертикальной оси отводящего патрубка дан на рис. 4. Из рисунка видно, что поток воздуха движется с большими скоростями вдоль нижней поверхности сборного коллектора.

В качестве трассера использовался газ пропан, который вводился в поток воздуха через систему коллекторов. В линии каждого коллектора имелся индивидуальный расходомер. По методу приближенного моделирования температурного поля концентрация пропана в воздухе на каждом из отдельных участков входного сечения должна соответствовать температуре гелия в натурном устройстве. В ходе опытов проявилась непреодолимая методическая сложность выравнивания расходов пропана по азимуту через отверстия коллекторов. Локальные расходы пропана через соседние отверстия могли различаться вдвое, несмотря на одинаковую технологию сверления отверстий и обработки их краев. При опытном подборе радиального профиля концентраций пропана в потоке воздуха трудно было

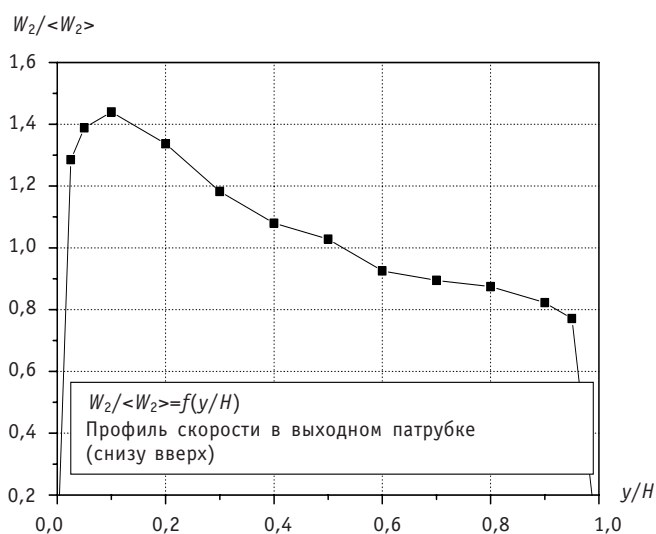


Рис. 4. Опытный профиль скорости на вертикальной оси отводящего патрубка

исключить взаимное влияние коллекторов, когда изменение расхода через один коллектор вело к изменениям расходов в других. Оба эти фактора приводили к снижению точности моделирования температурного поля и качества результатов всего исследования.

Таким образом, реализация идеи суперпозиции при моделировании температурного поля была вынужденной мерой и дала положительные результаты.

В отличие от известного способа одновременного ввода трассера через все элементарные площадки в настоящей работе предлагается применять поочередный ввод трассера через те же площадки. После ввода трассера через i -ую площадку измеряется поле концентраций или только в характерных точках – отклик от локального ввода на выходе из проточной части рабочего участка. В соответствии с методом суперпозиции полученные в опытах поля концентраций трассера или только значения концентраций в характерных точках на выходе из проточной части рабочего участка суммируются для получения результирующих концентраций трассера, характеризующих температуру потока рабочей среды.

Условная схема проточной части рабочего участка с применяемыми обозначениями дана на рис. 5. Входное сечение рабочего участка «1» разделено на N_1 участков, площадь каждого обозначена ΔS_{1i}^m , где $1 \leq i \leq N_1$. Локальная средняя скорость потока воздуха (аэродинамическая модель) на отдельном участке равна W_{1i}^m , а массовый расход трассера (в нашем случае газа пропана) – m_{1i} . Соответствующие обозначения свойств потока приняты и для выходного сечения «2» рабочего участка: N_2 , ΔS_{2j}^m , W_{2j}^m , где $1 \leq j \leq N_2$. Измеренное значение концентрации трассера на j -том участке выходного сечения – отклик от ввода трассера на i -том участке входного сечения рабочего участка – обозначено $C_{2j}^{(i)}$.

Массы трассера m_{1i} , поочередно вводимого в поток воздуха на каждом из N_1 участков, пропорциональны количествам тепловой энергии, переносимым потоком рабочей среды через соответствующий участок натурального устройства:

$$m_{1i} = K_m \cdot q_{1i}^H \text{ или } m_{1i} = K_m \cdot c_{p1i}^H \cdot \rho_{1i}^H \cdot T_{1i}^H \cdot W_{1i}^H \cdot \Delta S_{1i}^H, \quad (3)$$

где индексами 1 и i обозначены характеристики рабочей среды на входе в проточную часть на i -том элементарном участке; индекс n указывает на принадлежность характеристик к натурному устройству; q [Дж/с] – локальная тепловая энергия, переносимая через элементарную площадку входного сечения натурального ус-

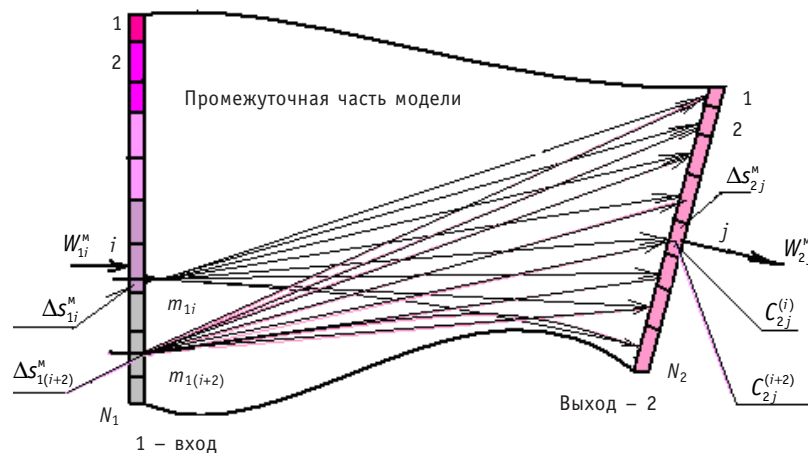


Рис. 5. Схема проточной части рабочего участка и обозначения, принятые в соответствии с методом суперпозиции откликов от ввода трассера

тройства, c_p [Дж/(кг·град)], ρ [кг/м³] – теплоемкость и плотность рабочей среды; T [K], W [м/с] – температура и скорость рабочей среды, средние на элементарном участке Δs входного сечения.

Размерный коэффициент пропорциональности K_m [кг/Дж] устанавливается из отношения произвольно задаваемого суммарного массового расхода трассера M_1^m [кг/с] через рабочий участок и полного потока тепловой энергии Q_1^h [Дж/с] через входное сечение натурного устройства, характеризуемого средними значениями скорости и температуры:

$$K_m = M_1^m / Q_1^h = M_1^m / (\bar{c}_{p1i}^h \cdot \bar{\rho}_{1i}^h \cdot \bar{T}_{1i}^h \cdot \bar{W}_{1i}^h \cdot S_1^h). \quad (4)$$

Здесь \bar{T}_{1i}^h , \bar{W}_{1i}^h – средняя температура и скорость потока рабочей среды через входное сечение величиной S_1^h ; \bar{c}_{p1i}^h , $\bar{\rho}_{1i}^h$ – теплоемкость и плотность рабочей среды при средней температуре и давлении в натурной установке. Значение Q_1^h определено техническими характеристиками натурной установки, а M_1^m задается исходя из технологических условий проведения опытов, метода измерения малых, на уровне 10^{-4} – 10^{-6} , долей массовых концентраций пропана в воздухе.

На выходе из рабочего участка измеряются концентрации пропана – отклики от локального ввода пропана в i -ую площадку входного сечения. Массовый расход трассера $m_{2j}^{(i)}$ через j -тую элементарную площадку выходного сечения Δs_{2j}^h с учетом известного поля скоростей потока рабочей среды на выходе из рабочего участка равняется

$$m_{2j}^{(i)} = C_{2j}^{(i)} \cdot \rho_2^m \cdot W_{2j}^m \cdot \Delta s_{2j}^m. \quad (5)$$

Суммарная масса трассера, прошедшего через j -ую площадку выходного сечения от поочередного ввода трассера через N_1 площадок входного сечения, равняется

$$m_{2j} = \sum_{i=1}^{N_1} m_{2j}^{(i)} = \rho_2^m \cdot W_{2j}^m \cdot \Delta s_{2j}^m \cdot \sum_{i=1}^{N_1} C_{2j}^{(i)}. \quad (6)$$

Полученный суммарный массовый расход трассера m_{2j} через площадку выходного сечения рабочего участка соответствует по (3) количеству тепловой энергии q_{2j}^h , переносимой рабочей средой с температурой T_{2j}^h через элементарную площадку натурного устройства Δs_{2j}^h , и является основой для получения искомой температуры в j -ой площадке натурного устройства:

$$m_{2j} = K_m \cdot q_{2j}^h \text{ или } \rho_2^m \cdot W_{2j}^m \cdot \Delta s_{2j}^m \cdot \sum_{i=1}^{N_1} C_{2j}^{(i)} = K_m \cdot c_{p2j}^h \cdot \rho_{2j}^h \cdot T_{2j}^h \cdot W_{2j}^h \cdot \Delta s_{2j}^h. \quad (7)$$

Отсюда итоговым выражением для искомой температуры в j -ой площадке натурного устройства является

$$T_{2j}^h = \frac{1}{K_m} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{N_1} C_{2j}^{(i)}}{c_{p2j}^h} \cdot \frac{\rho_2^m}{\rho_{2j}^h} \cdot \frac{W_{2j}^m}{W_{2j}^h} \cdot A^2, \quad (8)$$

где A является линейным масштабом рабочего участка по отношению к натурному устройству. Теплоемкость c_{p2j}^h и плотность рабочего тела ρ_{2j}^h зависят от температуры T_{2j}^h . Поэтому результирующая температура T_{2j}^h рассчитывается итерационно. Первое приближение состоит в том, что значения физических свойств приравниваются их значениям при средней температуре \bar{T}_1^h . Обычно два, три приближения достаточно для получения результирующей локальной температуры.

Подчеркнем еще одну особенность предлагаемого способа моделирования температурного поля. При многоточечном вводе трассера моделируется лишь одно поле температур на входе в проточную часть теплообменного устройства. При изменении входных температурных условий необходимо перенастраивать локальные расходы трассера через элементарные площадки и проводить новую серию измерений концентраций в рабочем участке. Предлагаемый метод позволяет получить базовые перемешивающие свойства проточной части натурного устройства в ходе одного исследования и анализировать различные входные температурные условия аналитически.

Локальный массовый расход трассера, как правило, на несколько порядков меньше расхода рабочей среды в рабочем участке. Поэтому уровень концентраций трассера на выходе из рабочего участка линейно пропорционален вводимому локальному массовому расходу. Это позволяет в i -той площадке вводить трассер с произвольным расходом с последующим учетом этого в конечной формуле (8). Выбор расхода может зависеть от необходимой точности измерения концентраций трассера на выходе из рабочего участка.

Рассмотрим пример реализации предлагаемого метода суперпозиции при моделировании температурного поля в реакторе ВГ-400.

На рис. 6 дана схема разбиения входного сечения рабочего участка и натурного сборного коллектора на 30 площадок. Цель исследований состояла в определении температур гелия на входе в отводящие патрубки.

Характеристики проточной части натурной установки и теплоносителя – гелия: $S_1^H = 26,5 \text{ м}^2$, $S_2^H = 5,6 \text{ м}^2$. Выход из проточной части сборного коллектора – 4 выходных патрубка с проходными сечениями $1 \times 1,4 \text{ м}^2$ каждый. $G_1^H = 340 \text{ кг/с}$ (полный массовый расход гелия); $\bar{T}_1^H \text{ К}$; $\bar{c}_p^H = 5232 \text{ Дж/(кг·град)}$; $\bar{\rho}_1^H = 1,87 \text{ кг/м}^3$. Средняя скорость потока гелия на входе в сборный коллектор $\bar{W}_1^H = G_1^H / (\bar{\rho}_1^H \cdot S_1^H) = 6,98 \text{ м/с}$. Полный тепловой поток через проточную часть сборного коллектора по соотношению (4) равняется $Q_1^H = 2,18 \cdot 10^9 \text{ Дж/с}$. Средняя скорость потока гелия на выходе из сборного коллектора равна $\bar{W}_2^H = G^H / (\bar{\rho}_2^H \cdot S_2^H) = 32,5 \text{ м/с}$.

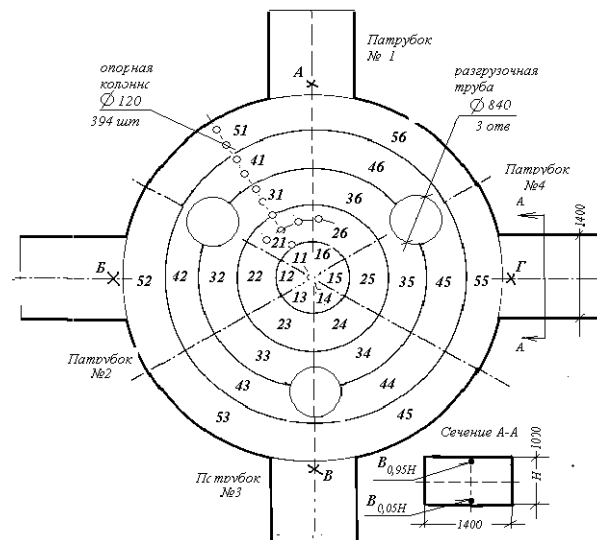


Рис. 6. Схема разбиения входного сечения сборного коллектора реактора ВГ-400 и рабочего участка на площадки. Схема расположения характерных точек в отводящих патрубках

Характеристики рабочего участка и рабочей среды – воздуха. Проточная часть рабочего участка выполнена геометрически подобной проточной части сборного коллектора ВГ-400 в масштабе 1:5. Соответственно этому в формуле (8) коэффициент $A = 0,2$; $s_2^m = 0,224 \text{ м}^2$; $\rho_2^m = 1,185 \text{ кг/м}^3$; $G^m = 5,75 \text{ кг/с}$ (массовый расход воздуха); $\bar{W}_2^m = G^m / (\rho_2^m s_2^m) = 21,7 \text{ м/с}$ – средняя скорость потока воздуха в отводящих патрубках рабочего участка.

Рабочая среда – воздух. Газообразный трассер – пропан. Температура воздуха в рабочем участке поддерживалась постоянной в технологически приемлемом диапазоне, чтобы не учитывать влияние температуры на плотность воздуха.

Суммарный массовый расход трассера – пропана через все элементарные площади рабочего участка был задан равным $M_1^p = 5,75 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с}$. Этот расход пропана был достаточным при использовании баллона со сжиженным газом без перезарядки в течение времени испытания рабочего участка и соответствовал получаемой средней массовой концентрации пропана в потоке воздуха через рабочий участок на уровне 10^{-4} . Данный уровень концентраций пропана находится в диапазоне концентраций, измеряемых газовым хроматографом Модели 3700.

Для приведенных выше технических параметров натурального устройства и рабочего участка коэффициент пропорциональности по (4) равнялся $3,8 \cdot 10^{12} \text{ Дж/кг}$. Массовые расходы трассера – пропана через каждую площадку входного сечения рассчитывались по (3).

Характерные точки, в которых измерялись концентрации пропана в воздухе, располагались в нижней и верхней частях отводящего патрубка, $y/H = 0,05$ и $0,95$ соответственно. После суммирования концентраций в этих точках температуры гелия в отводящем патрубке реактора ВГ-400, рассчитанные по (8), получены равными

$$T_{2,y/H=0,05}^H = 1421 \text{ К (1148}^\circ\text{C)}; T_{2,y/H=0,95}^H = 1029 \text{ К (756}^\circ\text{C)}. \quad (9)$$

Полученные результаты свидетельствовали, что в объеме сборного коллектора не происходит достаточного перемешивания теплоносителя – гелия. Неравномерность температур гелия значительно превышает допустимую ($\pm 50^\circ\text{C}$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение метода суперпозиции при моделировании температурных полей в теплообменных устройствах позволяет упростить измерительную схему экспериментальных исследований, снизить погрешность исследований до аппаратной.

2. Метод суперпозиции позволяет получать базовые перемешивающие свойства конструкции проточной части натурального теплообменного устройства.

Литература

1. Хинце И.О. Турбулентность. – М.: ГИ физ.-мат. литер. 1963. – 680 с.
2. Фомичев М.С. Экспериментальная гидродинамика ЯЭУ. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 248 с.
3. Габрианович Б.Н., Рухадзе В.К. Исследование межканального перемешивания теплоносителя в пучках гладких стержней с помощью фреоновых метода // В сб. материалов Межотраслевой научно-техн. конф. «Теплофизические исследования-76». – М.: ВИМИ, 1977. – С. 23-33.
4. Габрианович Б.Н., Дельнов В.Н., Рухадзе В.К. Методика исследования процессов перемешивания и времени движения теплоносителя в теплообменном оборудовании с использованием галоидного трассера // Теплоэнергетика. – 1995. – № 7. – С. 60-63.
5. Габрианович Б.Н., Дельнов В.Н. Исследование перемешивания теплоносителя в раздающих коллекторных системах быстрых реакторов и ВВЭР // Атомная энергия. – 1994. – Т. 77. – Вып. 5. – С. 340-344.

6. Безруков Ю.А., Драгунов Ю.Г., Логвинов С.А. и др. Исследование перемешивания потоков теплоносителя в корпусе ВВЭР//Атомная энергия. – 2004. – Т.96. – Вып. 6. – С.432-440.

7. Исследование гидродинамики и перемешивания теплоносителя на выходе из головок ТВС//Сб. трудов ГНЦ РФ-ФЭИ «Гидродинамика и безопасность ядерных энергетических установок». В трех томах. Т. 2 / Под общ. ред. А.Д. Ефанова. – Обнинск: ГНЦ РФ-ФЭИ, 1999. – С. 140-146.

Поступила в редакцию 18.12.2008

measurement data accordance was less than 10% under the short cooling times (< 100 days).

УДК 621.534.23

Modeling of Three-Dimensional Thermo-Hydraulic Processes in VVER-1000 Reactor's Core with Program Complex TRETON \N.N. Davidenko, A.S. Korsun, Y.A. Maslov, I.G. Merinov, V.S. Kharitonov, B.E. Shumsky; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 13 pages, 8 illustrations. – References, 8 titles.

The improvement of porous body model for the description of heat-hydraulic processes in VVER-1000 reactors core with non-cover fuel assemblies has been done. Program complex TRETON for 3D-modelling non-stationary thermal and hydrodynamic processes has been created. Heat-hydraulic module TRETON has been tested by comparison of calculation results to the analytical decision of model heat transfer problem. Comparison of calculation results coolant temperature and speed for a nominal operating mode VVER-1000 reactors core with independent calculations under certified program NOSTRA has been spent.

УДК 621.039.517.5

Superposition Method in Modeling of Temperature Field in Heat Exchange Devices by Means of Tracer Concentration Field \V.N. Delnov, Y.D. Levchenko, S.F. Shepelev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 9 pages, 6 illustrations. – References, 7 titles.

The tracer is locally injected in turn into each characteristic area at the inlet of the flow part of the test section, while at the outlet the responses – tracer concentrations – are measured in the flow of working fluid. The local flow rate of tracer is proportional to the flux of thermal energy through the characteristic area. The sum of measured concentrations from each local tracer injection is proportional to local temperature at the outlet from the flow part of the test section. The application of response superposition method enables one to increase the accuracy in modeling the temperature field and simplify the design of test section for studying mixing processes in a heat exchange device.

УДК 621.039.564

Correlation Flowmeter for Measuring Low Coolant Velocities \B.V. Kebabdz, A.N. Opanasenko, V.A. Shurupov, M.S. Timchenko; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 10 pages, 3 tables, 9 illustrations. – References, 2 titles.

When modeling the heat emergency removing system of fast reactor on water test rig, the natural circulation velocity is evaluated by the thermocorrelation method. The calibration of the measuring channel for internal and external gap of model subassembly is carried out on a small test facility with forced circulation. The frequency range of signal processing is defined and correction factors for true flowrate calculation are obtained. The design improvement of model subassembly is proposed, in order to eliminate the swirl effect.

УДК 621.039.52.034.3: 532.546

Hydrodynamics and Heat Exchange Features of the Pebble Bed in Radial Coolant Flow \V.A. Klimova, V.M. Pahaluyev, S.Ye. Sheklein; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 5 pages, 4 illustrations. – References, 5 titles.

Regarded are the peculiarities of the radial flow in the pebble bed. The investigation shows that the spherical elements heat emission intensity is defined by the surface vortex generation as well as by gas flux laminarization connected with its accelerated flow. A rather simple formula for Nu number as a function of Re number in a range of $5 \cdot 10^2 - 10^4$ for the spherical elements diameter 7, 15 and 22 mm considering the geometrical parameter influence on the heat exchange is received.

УДК 681.51:621.039.534.6

Automatic Control System of Oxygen Thermodynamic Activity for Lead Bismuth Eutectic Coolant \P.N. Martynov, R.Sh. Askhadyllin, A.A. Simakov, V.S. Lanskix, M.E. Chernov, R.P. Sadovnichiy; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 8 pages, 6 illustrations. – References, 6 titles.

This article is devoted to develop of the oxygen thermodynamic activity automatic control system for circulating facilities with lead and lead-bismuth coolant. The basic preconditions for creation of the automatic control system and problem state of studying the oxygen rules with reference to the «SVBR-75/100» Reactor Installation are analyzed. For the first time, with reference to conditions of the «SVBR-75/100» Reactor Installation the opportunity of use of the oxygen thermodynamic activity automatic control system by a solid-