

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР

Атомная
Энергия

Ежемесячный журнал
год издания двенадцатый

АТОМИЗДАТ ■ МОСКВА ■ 1968

Том 25 ■ Октябрь ■ Вып. 4

Главный редактор
М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВ

Заместители главного
редактора:

Н. А. ВЛАСОВ, Н. А. КОЛОКОЛЬЦОВ

Редакционная коллегия:

А. И. АЛИХАНОВ, А. А. БОЧВАР, А. П. ВИНОГРАДОВ, И. Н. ГОЛОВИН,
Н. А. ДОЛЛЕЖАЛЬ, А. П. ЗЕФИРОВ, В. Ф. КАЛИНИН, А. К. КРАСИН,
А. И. ЛЕЙПУНСКИЙ, В. В. МАТВЕЕВ, М. Г. МЕЩЕРЯКОВ, П. Н. ПАЛЕЙ,
Д. Л. СИМОНЕНКО, В. И. СМЕРНОВ, В. С. ФУРСОВ, В. В. ШЕВЧЕНКО.

СОДЕРЖАНИЕ

СТАТЬИ

- В. Б. Осипов, Р. В. Джагацянцян, А. С. Штань,
В. М. Симонов, С. В. Мамиконян, Л. Д. Солодихина,
Д. П. Бодров, С. В. Голубков, Ю. Г. Ляскин.
Радиационный сульфохлоратор РС-2,5 271
- Г. Н. Баласанов, Д. Я. Суражский, Б. А. Чумаченко,
А. А. Дерягин, Е. П. Власов. Использование мате-
матических методов при поисках месторождений
урана 274
- А. А. Шолохов, В. Е. Минашин. Теплообмен при про-
дольном течении жидкости в пучках стержней 280
- Б. Н. Селиверстов, А. И. Ефанов, Ю. М. Быков,
П. А. Гаврилов, Л. В. Константинов. Некоторые
вопросы приложения статистических методов
к задачам оперативного исследования кинети-
ческих характеристик реакторов 287
- В. И. Голубев, Н. Д. Голяев, А. В. Звонарев, М. Н. Зи-
нин, Ю. Ф. Колеганов, М. Н. Николаев, М. Ю. Ор-
лов. Распространение нейтронов в двуокиси
урана 292
- Часть I. Пространственно-энергетические распре-
деления 292
- Л. П. Абагян, В. И. Голубев, Н. Д. Голяев, А. В. Зво-
нарев, Ю. Ф. Колеганов, М. Н. Николаев,
М. Ю. Орлов. Распространение нейтронов в дву-
окиси урана 297
- Часть II. Допплер-эффект на U^{235} 297
- А. И. Громова, И. К. Морозова, В. В. Герасимов. Влия-
ние облучения на электрохимическое поведение
конструкционных материалов 302
- Р. А. Беляев, Ю. И. Данилов, С. А. Фураев. Корро-
зия длинномерных изделий из окиси бериллия в
газовых влагосодержащих потоках 305
- А. Ф. Настоящий. О функции распределения электро-
нов в неоднородной слабоионизованной плазме 308

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ СТАТЕЙ

- Р. В. Джагацянцян, В. Б. Осипов, Л. Д. Солодихина,
Ю. Г. Ляскин, А. И. Гершенович. Опыт эксплуа-
тации радиационно-химического сульфохлорато-
ра РС-2,5 314
- В. Б. Осипов, Л. Д. Солодихина, Д. П. Бодров,
В. М. Симонов, Р. В. Джагацянцян. Применение
кассет сферической формы для создания протяж-
енных облучателей опытно-промышленных и промыш-
ленных радиационно-химических установок 315
- Э. И. Кузнецов. Время жизни заряженных частиц в
плазме на установке «Токамак ТМ-3» 315
- Н. С. Мартынова, И. В. Василькова, М. П. Сусарев,
С. С. Толкачев. Термографическое и рентгено-
структурное изучение системы $UCl_4 - KCl - NaCl$ 316
- В. Ф. Баранов, О. А. Павловский. О прохождении
электронов через вещество 317
- П. П. Зольников, Е. Г. Голиков, К. А. Суханова,
Б. Л. Двинянинов. Отражение тормозного излу-
чения бетатрона барьерами из различных матери-
алов 318
- П. А. Фефелов. Исследование влияния излучений
на прочность стеклопластиков 318

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

- В. Б. Осипов, В. П. Гутеев, Р. В. Джагацянцян,
А. И. Гершенович, С. В. Голубков. Техничко-эконо-
мические аспекты радиационного способа произ-
водства сульфоната 320
- Н. Т. Чеботарев, А. В. Безносикова. Исследование
структуры соединения $CaUF_6$ 321
- Б. П. Пritchett. К динамике выделение накопленного
радиона при нагревании горной породы 324

235307



вания с поощрением. Предлагается возможный вариант ее решения для наиболее общего случая, когда не известны тип и параметры функций распределения изображений в классах. Этот вариант решения сводится к построению самоорганизующегося процесса поиска оптимальной структуры решающих правил по обучающей выборке.

2. Разработан метод определения прогнозных запасов металла по единичным пересечениям, проверенный на одном из месторождений ураномолибденовой формации.

3. Получена оценка сравнительной эффективности методов линейной и нелинейной множественной регрессии для построения стохастических моделей связи между геолого-геохимическими точками наблюдения и их положением в околорудном и внутрирудном пространстве.

Поступила в Редакцию 5/IX 1967 г.
В окончательной редакции 16/IV 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Miesch et al. U.S. Geol. Surv. Bull., 1112-B, 17 (1960).

2. А. Б. Вистелиус. Красноцветные отложения полуострова Челекен. М., «Недра», 1966.
3. В. Н. Вапник, А. Я. Лернер, А. Я. Червопенкис. «Изв. АН СССР. Техн. кибернетика», 1, 72 (1965).
4. М. М. Бонгард и др. «Советская геология», 7, 106 (1966).
5. И. А. Лучин. «Атомная энергия», 21, 210 (1966).
6. Ф. П. Кренделев, А. Н. Дмитриев, Ю. И. Журавлев. «Докл. АН СССР», 173, 5, 1149 (1967).
7. А. В. Канцель, Э. М. Богушевский, Г. Ф. Рожкова. «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 5, 31 (1967).
8. A. Uttley. Proc. Internat. Congr. Cybernetics. Nomur, 412 (1956).
9. А. Вальд. Последовательный анализ. М., Физматгиз, 1960.
10. G. Sebestyen. IRE Trans. on Information Theory, IT-8, No. 5, 82 (1962).
11. Г. Сеге. Ортогональные многочлены. М., Физматгиз, 1962.
12. H. Robbins, S. Mongro. Annals of mathem. Statistics, 22, 3 September, 400 (1951).
13. M. Walts, K. Fu. IEEE Internat. Convent. Rec., 1, 190 (1964).
14. Г. Андерсон. Введение в многомерный статистический анализ. М., Физматгиз, 1963.
15. А. Хальд. Математическая статистика с техническими приложениями. М., Изд-во иностр. лит., 1956.

Теплообмен при продольном течении жидкости в пучках стержней

А. А. ШОЛОХОВ, В. Е. МИНАШИН

УДК 536.24:621.039.534.6

При расчете теплообмена в жидком металле этот теплоноситель в довольно широком диапазоне режимов течения может рассматриваться как идеальная жидкость [1], и соответствующая упрощенная модель турбулентного потока применяется для исследования теплофизики ядерных реакторов с жидкометаллическим охлаждением [2, 3].

По значениям температурных полей, определенных при решении упрощенной задачи, можно сделать разумные оценки температур в твэлах ядерного реактора, охлаждаемого жидким металлом.

В настоящей работе решалась задача определения температурных полей при продольном течении жидкости в пучках стержней, образующих правильную треугольную или квадратную решетку (рис. 1, а, б).

При течении идеальной жидкости в канале постоянного сечения ее скорости во всех точках проходного сечения одинаковы, а перенос тепла в жидкости осуществляется только за счет молекулярной теплопроводности.

Дифференциальное уравнение процесса теплообмена имеет вид

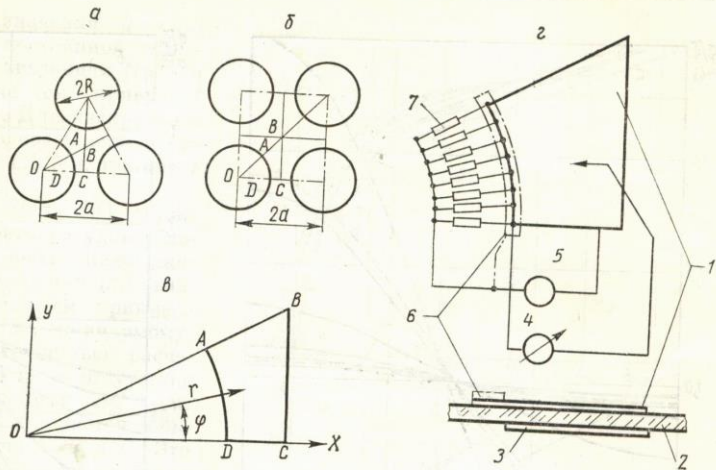
$$\lambda \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \right) = W C_p \gamma \frac{\partial t}{\partial z}, \quad (1)$$

где λ — теплопроводность жидкости; x, y — поперечные, а z — продольная координаты; t — температура; W — скорость; $C_p \gamma$ — объемная теплоемкость жидкости. Решение получено при условии $\frac{\partial t}{\partial z} = \text{const}$. Задача решена для двух граничных условий: 1) на границе жидкости AD (см. рис. 1, в) задана постоянная по периметру температура; 2) на этой границе задан постоянный тепловой поток q .

Уравнение (1) решается при помощи электрического моделирования [4]. На рис. 1, г показана принципиальная схема электрической модели. Если на границе стержня и жидкости ($r = R$) задан постоянный тепловой поток, ток питания подводится к границам области через сопротивление γ ; когда на границе задана постоянная температура, на соответствующую границу области накладывается медная шина б.

Рис. 1. Схема расположения стержней в решетке и принципиальная схема электрической модели:

a — треугольное расположение стержней; *b* — квадратное расположение стержней; *в* — элементарная ячейка симметрии *ABCD*; *г* — электрическая модель (*1* — электропроводная бумага; *2* — диэлектрик; *3* — медная фольга; *4* — измерительный прибор; *5* — генератор переменного тока; *6* — медная шина; *7* — омические сопротивления); *2a* — расстояние между стержнями.



Для нахождения поля температур в исследуемой системе достаточно измерить распределение потенциалов в электрической модели.

Автор работы [5] провел численный расчет поля температур при течении жидкого натрия в пучках стержней с малым относительным шагом. В работе [6] аналитически исследуется ламинарное течение жидкости в пучках. Задача решена по методу дискретного удовлетворения граничным условиям [7, 8]. Полученное решение применимо также для анализа теплообмена в идеальной жидкости при постоянной температуре стенки; ниже оно использовано для сравнения с результатами настоящей работы.

На рис. 2 результаты электрического моделирования сравниваются с расчетными данными [5]. Здесь *T* — отношение локальной разности температур стенки и жидкости к среднему температурному перепаду между стенкой и жидкостью:

$$T(R, \varphi) = \frac{t(R, \varphi) - \overline{t}(r, \varphi)}{\overline{t}(R) - \overline{t}(r, \varphi)}$$

Из рис. 2 следует, что результаты электро моделирования для идеальной жидкости и расчетные данные для жидкого металла [5] мало отличаются друг от друга. Такое согласие объясняется двумя обстоятельствами: во-первых, при развитом турбулентном течении изменение локальной скорости в поперечном сечении потока незначительно (основное изменение происходит в небольшом пристенном слое); во-вторых, для жидкого металла с высокой теплопроводностью вклад турбулентной теплопроводности в общий перенос тепла также незначителен.

На рис. 3 показано распределение локальных тепловых потоков $q(R, \varphi)$ для случая, когда на границе поверхности стержня задана постоянная температура по периметру. Так как

$$\frac{q(R, \varphi)}{\bar{q}} = \frac{\alpha(R, \varphi)}{\bar{\alpha}}$$

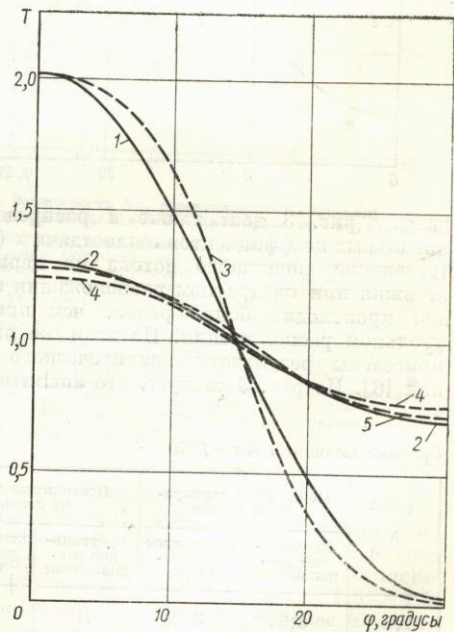
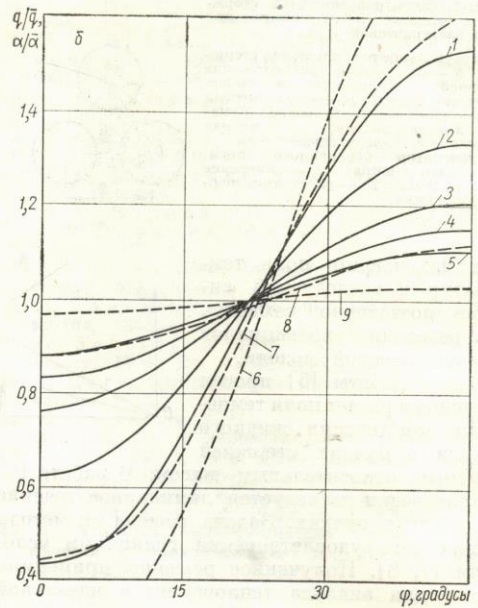
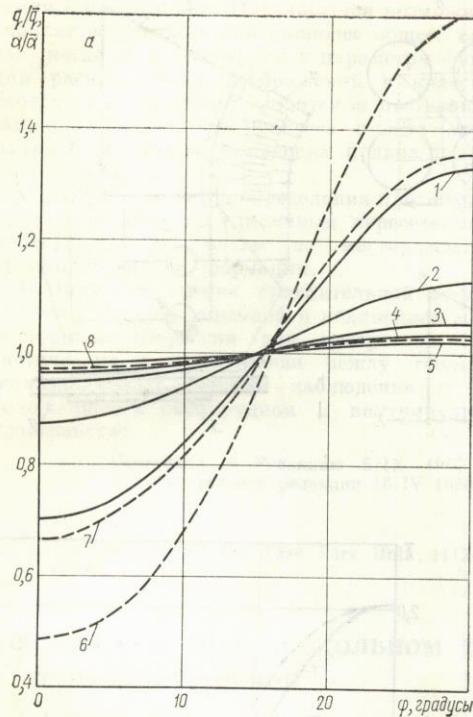


Рис. 2. Распределение температур на поверхности стенки при постоянном тепловом потоке (сравнение решений для течения идеальной жидкости и натрия):

1, 2 — течение идеальной жидкости, электрическое моделирование для $h = 1,1$ и $h = 1,2$ соответственно; *3 — 5* — расчет [5] для течения жидкого натрия ($Pr \approx 7 \cdot 10^{-3}$) ($3 - h = 1,1, Pe = 206$; 4 и $5 - h = 1,2, Pe = 98$ и $Pe = 885$).



Р и с. 3. Распределение локальных коэффициентов теплоотдачи при тепловых потоках $\frac{\alpha}{\alpha} = \frac{q}{q}$ на поверхности стержня при постоянной температуре поверхности:

α — треугольное расположение стержней; β — квадратное расположение стержней; 1-5 — электрическое моделирование для h , равного 1,1; 1,2; 1,3; 1,4 и 1,5 соответственно; 6-9 — аналитическое решение [6] для h , равного 1,05; 1,1; 1,5 и 2 соответственно.

график рис. 3 дает также и распределение локальных коэффициентов теплоотдачи $\alpha(R, \varphi)$. Изменение локального потока по периметру стержня при квадратном расположении стержней происходит более резко, чем при треугольном расположении. На этом же рисунке приведены результаты аналитического решения [6]. Из рис. 3 следует, что аналитическое

решение довольно хорошо совпадает с результатом электрического моделирования.

В таблице даны средние значения критерия Нуссельта $Nu = \frac{\bar{\alpha} d_r}{\lambda}$, полученные методом электро моделирования. Здесь

$$\bar{\alpha} = \frac{\bar{q}(R)}{t(R) - t(r, \varphi)}$$

$\bar{q}(R)$ — средний тепловой поток на стенке; d_r — гидравлический диаметр канала.

На рис. 4 полученные результаты сравниваются с имеющимися литературными данными. Величина среднего коэффициента теплоотдачи при постоянной температуре стенки выше коэффициента теплоотдачи при постоянном тепловом потоке (см. кривые 1 и 2 и треугольники на рис. 4, а, б). Для треугольного расположе-

Средние значения $Nu = f(h)$

h	Постоянная температура стенки		Постоянный поток на стенке	
	треугольное расположение	квадратное расположение	треугольное расположение	квадратное расположение
1,0	3,84	3,20	0,182	0,414
1,05	—	—	3,76	—
1,1	9,72	7,60	8,81	5,10
1,2	12,48	10,33	12,20	9,06
1,3	13,69	12,42	13,69	11,58
1,4	14,60	13,45	14,60	13,40
1,5	15,46	15,08	15,46	15,08

ния стержней начиная со значения $h = 1,2$ и далее * величина Nu для постоянной температуры стенки совпадает со значением Nu для постоянного теплового потока (см. кривую 1 и треугольники на рис. 4, а). Для квадратного расположения стержней такое совпадение начинается только при шаге $h = 1,5$ (см. кривые 1 и 2 на рис. 4, б).

Данные аналитического расчета [9], также полученные по методу дискретного удовлетворения граничным условиям, лежат ниже данных электро моделирования, особенно для квадратного расположения стержней (см. кривые 5 и 6 рис. 4). Такое расхождение, по-видимому, объясняется недостаточной точностью расчетов [9]. Так, граничное условие — отсутствие теплового потока через границу BC (см. рис. 1, в) — в работе [9] удовлетворяется только на концах интервала в точках B и C . Это сказалось на полученном результате, особенно для квадратного расположения стержней, где изменение потоков и температур по углу происходит в значительном большем пределах, чем для треугольного расположения стержней.

Определенный интерес представляет расчет коэффициента теплоотдачи для турбулентного профиля скорости с учетом только молекулярной теплопроводности. Такой расчет можно представить в виде формулы [10]

$$Nu = -2,79 + 3,97h + 1,025h^2 + 3,121g Re - 0,265 (\lg Re)^2, \quad (2)$$

справедливой для интервала $h = 1,375 \div 2,975$ и $Re = 10^4 \div 10^6$, в котором проводилось численное решение.

Результаты расчета по формуле (2) показаны на рис. 4, а (см. кривые 7—9). При увеличении Re в 100 раз от 10^4 до 10^6 значение Nu возрастает всего лишь на 5—10% (см. кривые 7 и 9 рис. 4, а), причем при изменении Re в 10 раз (от 10^5 до 10^6) возрастание Nu составляет всего 1—2%. Это говорит о том, что влияние профиля скорости на окончательный результат весьма мало.

Приведенные на рис. 4, а результаты аналитического решения [3], полученные для треугольного расположения стержней, также найдены по методу дискретного удовлетворения граничным условиям [7]. Значения $Nu(h)$ для постоянной температуры стенки лежат несколько выше данных электро моделирования, приближаясь к ним по мере увеличения шага стержней h (см. кривые 3 и 1 рис. 4, а). Для

* h — относительный шаг, равный a/R (см. рис. 1).

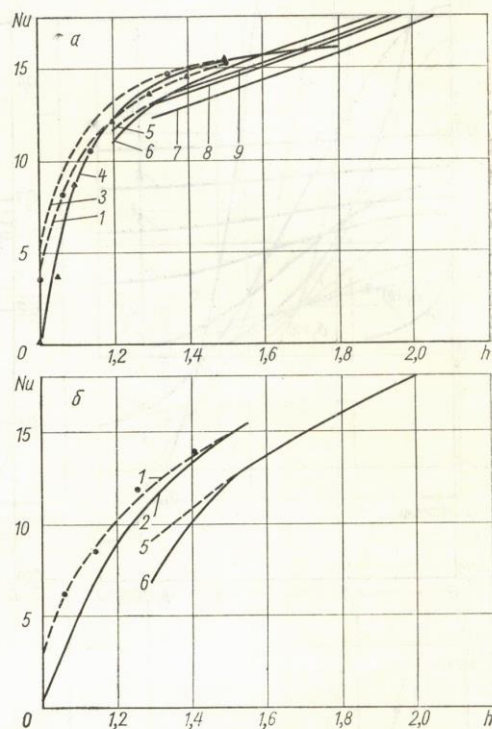
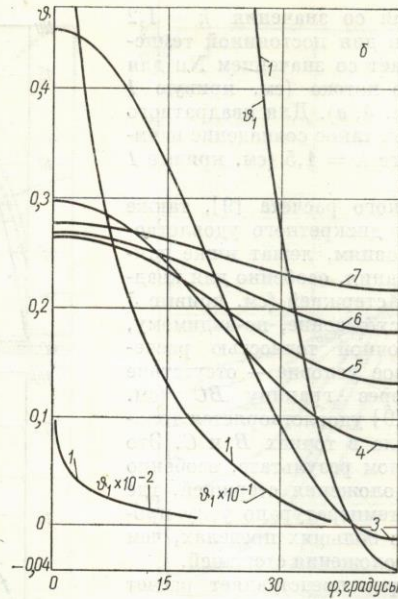
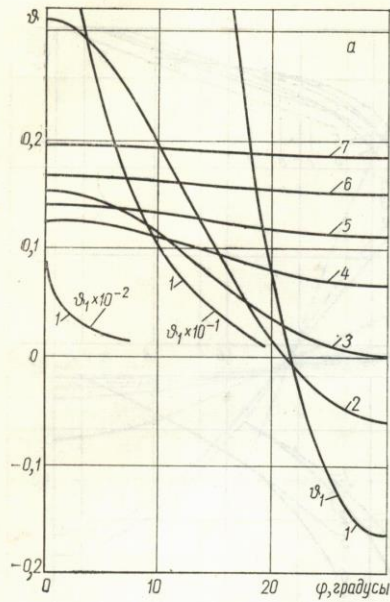


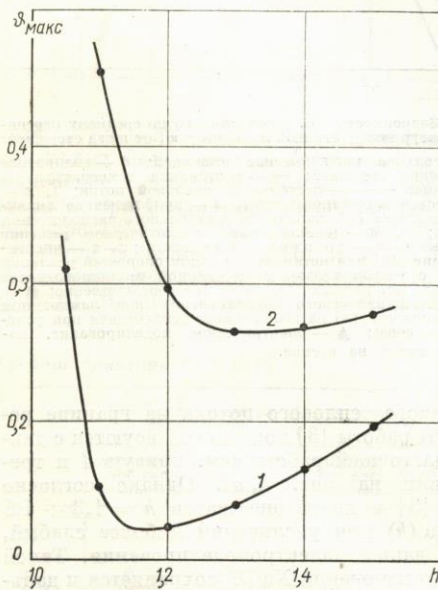
Рис. 4. Зависимость Nu , рассчитанного по среднему перепаду температур между стенкой и жидкостью, от шага стержней: а — треугольное расположение стержней; б — квадратное расположение стержней; — — постоянная температура на границе; - - - постоянный тепловой поток; 1, 2 — электрическое моделирование; 3, 4 — приближенное аналитическое решение [3] (только для треугольного расположения стержней); 5, 6 — приближенное аналитическое решение [9] (кривые 1—6 — для идеальной жидкости); 7—9 — численное решение [10] для истинного профиля скоростей реальной жидкости с учетом только молекулярной теплопроводности при числах Re , равных 10^4 , 10^5 и 10^6 соответственно; ● — пересчет гидравлического сопротивления при ламинарном течении жидкости [6] на коэффициент теплоотдачи при условии $t_{cT} = \text{const}$; ▲ — электрическое моделирование, постоянный поток на стенке.

постоянного теплового потока на границе результаты работы [3] хорошо согласуются с данными настоящей работы (см. кривую 4 и треугольники на рис. 4, а). Однако согласно работе [3] в диапазоне шагов $h = 1,3 \div 1,5$ рост $Nu(h)$ при увеличении h более слабый, чем по данным электро моделирования. Такой характер изменения $Nu(h)$ сохраняется и дальше для $h > 1,5$, и для интервала $h = 1,6 \div 1,8$ данные работы [3] оказались ниже значений Nu , приведенных в работе [10]. Этот результат противоречив, так как в расчете [3] про-



Р и с. 5. Распределение температур на поверхности твэла при постоянном тепловом потоке:

a — треугольное расположение стержней; *b* — квадратное расположение стержней. Кривые 1—7 соответствуют *h*, равному 1,0; 1,05; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4 и 1,5 соответственно.



Р и с. 6. Зависимость максимальной температуры поверхности от взаимного расположения стержней при постоянном тепловом потоке на поверхности:
1 — треугольное расположение стержней; 2 — квадратное расположение стержней.

филь скорости принят плоским, а в расчете [10] использован реальный профиль скорости. Вероятнее всего, такое расхождение обусловлено погрешностями расчета [3] при больших значениях относительного шага решетки стержней.

Некоторую трудность представляет задача о нахождении среднего коэффициента теплоотдачи для плотной упаковки стержней ($h = 1,0$) при постоянном тепловом потоке на границе жидкости со стержнем. Анализ показал, что, хотя температура стенки в точке касания стержней неограниченно возрастает, среднее значение температуры по периметру стержня остается конечным, поэтому коэффициент теплоотдачи для плотной упаковки при постоянном тепловом потоке на границе отличен от нуля (см. таблицу).

Для расчета температур на поверхности твэлов необходимо знать локальные характеристики температурного поля. На рис. 5 приведено распределение температур по поверхности твэла в зависимости от относительного шага решетки h и типа расположения стержней для случая постоянного теплового потока q на поверхности стержней.

Здесь

$$\vartheta(R, \varphi) = \frac{t(R, \varphi) - \overline{t(r, \varphi)}}{qR} \lambda.$$

Наиболее резкое изменение температуры по периметру наблюдается для плотноупакованного пучка стержней ($h = 1,0$, см. кривую 1). Для квадратного расположения стержней изменение температуры по периметру стержня происходит в больших пределах, чем для треугольного (см., например, кривую 7 на рис. 5, а, б). Средний температурный перепад между стенкой и жидкостью для квадратного расположения стержней также получается больше, чем для треугольного. Так, для шага $h = 1,1$ (см. кривую 3 на рис. 5, а) среднее значение температуры равно $\sim 0,8$, в то время как для квадратного расположения Φ ($h = 1,1$) $\approx 2,5$, т. е. в три раза больше. Это означает, что коэффициент теплоотдачи для квадратного расположения стержней в три раза меньше, чем для треугольного. Соответствующие значения Nu отличаются меньше. Так, согласно рис. 4, для квадратного расположения стержней Nu ($h = 1,1$) ≈ 5 , а для треугольного Nu ($h = 1,1$) ≈ 9 , т. е. всего на 80% больше. Такое несоответствие между соотношением средних коэффициентов теплоотдачи (2,5 : 0,8) и величин Nu (9 : 5) вызвано тем, что в качестве определяющего размера взят гидравлический диаметр. С увеличением относительного шага коэффициент теплоотдачи становится все меньше и меньше, однако Nu (см. рис. 4) возрастает по мере увеличения шага решетки h .

Это также связано с характером изменения гидравлического диаметра в зависимости от шага.

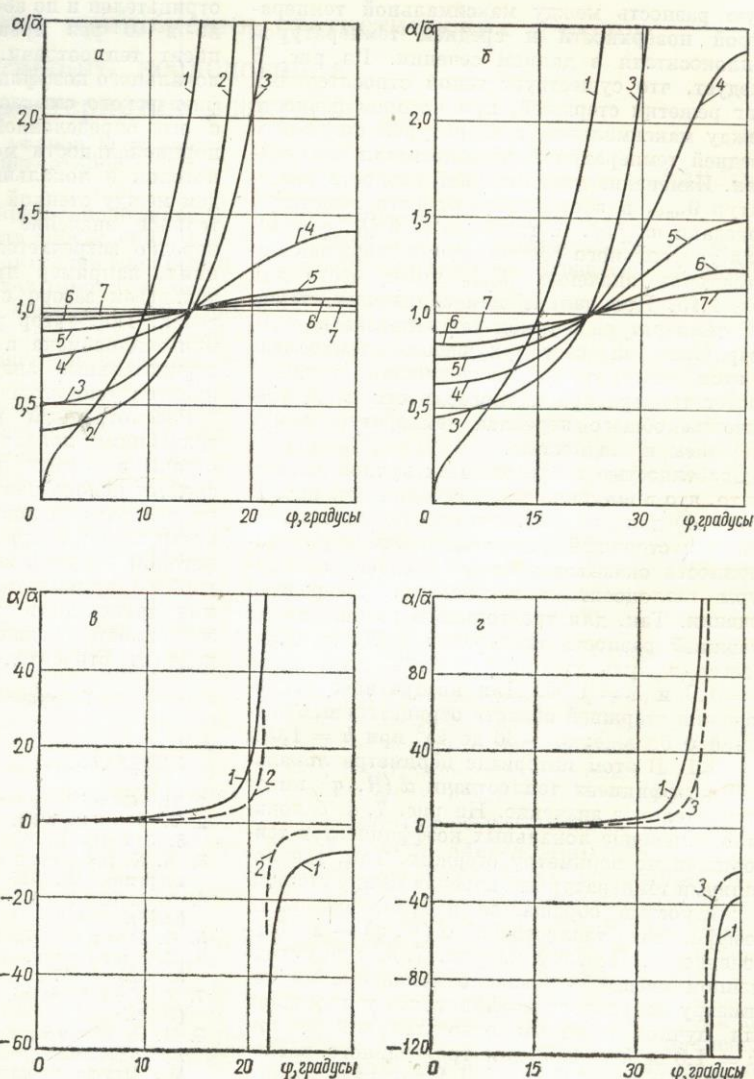


Рис. 7. Распределение локальных коэффициентов теплоотдачи на поверхности стержня при постоянном тепловом потоке на поверхности:

а, б — треугольное расположение стержней; в, г — квадратное расположение стержней. Линии 1—7 — относятся к h , равному 1,0; 1,05; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5 соответственно.

Одна из величин, характеризующих реактор,— средняя температура теплоносителя на выходе из активной зоны. С этой температурой связана максимальная температура поверхности твэла, которая обычно лимитирует работу реактора. Поэтому желательно иметь наимень-

шую разность между максимальной температурой поверхности и средней температурой теплоносителя в данном сечении. Из рис. 5 следует, что существует такой относительный шаг решетки стержней, при котором разность между максимальной температурой стержня и средней температурой теплоносителя наименьшая. Изменение максимальной разности температур $\theta_{\text{макс}}$ в зависимости от шага решетки h показано на рис. 6, где $\theta_{\text{макс}} = \theta(R, \varphi = 0)$. Для треугольного расположения стержней минимальное значение $\theta_{\text{макс}}$ имеет место для $h \approx 1,15$. При дальнейшем сближении стержней температура в узкой части потока ($\varphi = 0$) возрастает за счет ухудшения теплосъема в этом месте, а при раздвижении стержней растет температура на поверхности из-за увеличения общего перепада температур между стержнем и жидкостью.

Особенностью исследованных пучков является то, что в широкой части сечения (см. рис. 1, точка А) для небольших относительных шагов решетки стержней локальная температура поверхности оказывается ниже средней температуры теплоносителя в этом же поперечном сечении. Так, для треугольного расположения стержней разность температур $\theta(R, \varphi)$ обращается в нуль уже при $\varphi \approx 22^\circ$ для шагов $h = 1,0$ и $h = 1,05$. Для квадратного расположения стержней область отрицательных значений θ больше: от ~ 36 до 45° при $h = 1,0$ и $h = 1,1$. В этом интервале периметра локальный коэффициент теплоотдачи $\alpha(R, \varphi)$ имеет отрицательное значение. На рис. 7, а, б показано изменение локальных коэффициентов теплоотдачи по периметру стержня. Там, где локальный температурный перепад между стенкой и жидкостью обращается в нуль, локальный коэффициент теплоотдачи $\alpha(R, \varphi)$ — в бесконечность. Поэтому на рис. 7, в, г в уменьшенном масштабе показано изменение по периметру локального коэффициента теплоотдачи для пучков с малым относительным шагом ($h = 1,0$ и $h = 1,05$ для треугольного расположения и $h = 1,0$ и $h = 1,1$ для квадратного расположения стержней).

В плотной упаковке с квадратным расположением стержней локальный коэффициент теплоотдачи в широкой части сечения ($\varphi = 45^\circ$)

отрицателен и по абсолютной величине примерно в 40 раз превосходит средний коэффициент теплоотдачи. Отрицательное значение локального коэффициента теплоотдачи не имеет физического смысла и связано исключительно с его определением как коэффициента пропорциональности между локальным тепловым потоком и локальным температурным перепадом между стенкой и теплоносителем. Отрицательное значение коэффициента теплоотдачи нередко встречается и при других исследованиях, например при анализе теплообмена в кольцевом зазоре с несимметричным подводом тепла. Так, автор работы [11] при исследовании теплообмена в кольцевом зазоре получил отрицательные значения локальных коэффициентов теплоотдачи для многих параметров.

Рассмотренный пример с отрицательными значениями локальных коэффициентов теплоотдачи в тесных пучках показывает, что не следует использовать коэффициенты теплоотдачи для расчета локальных температур поверхности твэлов ядерного реактора, охлаждаемого потоком жидкого металла. Для таких расчетов удобнее применять безразмерные температурные зависимости типа рассмотренных выше зависимостей локального температурного перепада от относительного шага решетки.

Поступила в Редакцию 16/VIII 1967 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. H. Claiborne. ORNL-985 (1951).
2. J. Hartnett, T. Irvine. *AIChE Journal*, 3, 317 (1957).
3. М. Х. Ибрагимов, А. В. Жуков. «Атомная энергия», 20, 425 (1966).
4. А. А. Шолохов и др. «Инж.-физ. ж.», 14, № 3 (1968).
5. O. Dwyer. *Nucl. Sci. Engng*, 25, 343 (1966).
6. E. Sparrow, A. Loeffler. *AIChE Journal*, 5, 325 (1957).
7. F. Fend et al. BMI-T-42, USAEC, Oak Ridge (1942).
8. П. Д. Шнейдер. Инженерные проблемы теплопроводности. Перев. с англ. Под ред. А. В. Лыкова. М., Изд-во иностр. лит., 1960.
9. A. Friedland et al. *International Development in Heat Transfer. Part III*. New York, 1961, p. 526.
10. M. Maresca, O. Dwyer. *Trans. ASME, Ser. C*, 86, 180 (1964).
11. O. Dwyer, P. Tu. *Nucl. Sci. Engng*, 24, 90 (1960).