

табл. 2), получим

$$x \approx A. \quad (9)$$

Таким образом, равновесные концентрации исходных и конечных продуктов реакций (1) — (3) в условиях парогенератора имеют следующий вид:

$$n_{\text{Na}_2\text{O}} \approx A; \quad n_{\text{NaH}} \approx 2(A - n_{\text{H}_2});$$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{P_{\text{дис}} V}{RT}; \quad n_{\text{NaOH}} \approx 0.$$

В настоящей работе численно рассчитывается лишь реакция (2), так как по реакции (1) и (3) используются опытные данные. В связи с этим точность предполагаемого расчета определяется точностью расчета по реакции (2). При решении были приняты допущения: 1) реакция протекает в идеальном растворе; 2) исходные характеристики компонентов (Na_2O ; NaH , NaOH) взяты для кристаллического состояния, в то время как в реакции они находятся в растворенном состоянии. Эти допущения не увеличивают погрешности расчета, так как согласно уравнению (8) $x \neq A$ лишь при $K_2 \ll 1$. Однако такой большой ошибки указанные допущения вызвать не могут.

Проведенный расчет показывает, что основными продуктами реакции воды с натрием в состоянии термодинамического равновесия являются окись натрия, гидрид натрия и водород в газовых полостях. Количество щелочи незначительно. По-видимому, тот факт, что в опытах по изучению коррозии нержавеющей стали в натрии, содержащем до 6% щелочи, признаков коррозии не обнаружено [6], объясняется разложением NaOH в присутствии натрия. Это косвенно подтверждает справедливость данного расчета.

Рассмотрим влияние полученных равновесных продуктов на режим работы контура с парогенератором и возможные методы удаления этих продуктов из теплоносителя. Поведение окиси натрия в контуре и способы ее удаления из теплоносителя с помощью холодных ловушек по сравнению с гидридом натрия изучены лучше-

ше [10]. Кривая растворимости гидрида натрия [7] указывает на возможность удаления его из теплоносителя с помощью холодной ловушки. Возможно также разложение гидрида натрия при повышенной температуре и удаление водорода вакуумированием. О поведении газообразного водорода в контуре судить довольно трудно. По данным предварительных экспериментов можно предположить, что скорость реакции (3) меньше скорости реакции (1). В этом случае газообразный водород, выделяющийся по реакции (1), будет в виде пузырьков выноситься в газовые полости контура и накапливаться в них.

Поступило в Редакцию 20/XI 1963 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Жидкометаллические теплоносители. Перев. под ред. А. Е. Шейндлица. М., Изд-во иностр. лит., 1958, стр. 11, 12, 95.
- М. Ситтиг. Натрий, производство, свойства, применение. М., Изд-во иностр. лит., 1962.
- А. Ф. Алабышев и др. Натрий и калий. Л., Госхимиздат, 1959, стр. 24, 39.
- М. Х. Карапетянц. Химическая термодинамика. М., Л., Госхимиздат, 1949.
- М. Вэллис, J. McSharry, E. Sullivan. J. Amer. Chem. Soc., No. 5, 2007 (1955).
- А. Атогори, J. Gevisck. Доклад № 2427, представленный США на Вторую международную конференцию по мирному использованию атомной энергии.
- D. Williams. J. Phys. Chem., 61, 379 (1957).
- Краткий справочник физико-химических величин. Под ред. К. П. Мищенко. Л., Госхимиздат, 1957.
- М. Х. Карапетянц, М. Л. Карапетянц. Таблицы некоторых термодинамических свойств различных веществ. Труды МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1961.
- П. Л. Кириллов и др. «Атомная энергия», 8, 30 (1960).

УДК 621.039.517

Исследование критических тепловых потоков в трубах при движении в нихmonoизопропилдифенила, недогретого до температуры насыщения

Ф. Ф. Богданов

Попытки получить значения критических тепловых потоков аналитическим путем для любого теплоносителя при различных значениях недогрева и разных скоростях движения его около обогреваемой поверхности любой формы пока не увенчались успехом. Поэтому в настоящее время эксперимент является единственным надежным средством определения величины критических тепловых потоков для заданных условий. В связи с этим вопросу возникновения кризиса на поверхностях нагрева было посвящено большое число экспериментальных работ. Большинство из них относится к случаю охлаждения поверхности нагрева водой [1—4]. В других работах изучалось возникновение этого явления при отводе тепла от поверхности нагрева различными органическими теплоносителями в большом объеме и при движении в трубах

[5—7]. Исследование критических нагрузок на поверхности нагрева, омыываемой органическим теплоносителем (моноизопропилдифенилом), посвящена пока только работа [8], в которой определена лишь зависимость критических нагрузок в трубе от недогрева в относительно небольшом диапазоне этого параметра при двух скоростях движения теплоносителя.

В настоящей работе исследовались критические тепловые потоки на внутренней поверхности вертикальной трубы диаметром 15 и длиной 200 м.м при движении в ней моноизопропилдифенила с различными скоростями движения теплоносителя и при разных величинах недогрева его до температуры насыщения. Полученные данные позволили установить влияние недогрева на величину критической тепловой нагрузки и определить зависимость величины критической на-

грузки от скорости движения теплоносителя в довольно широком диапазоне значений этих параметров.

При изучении влияния различных факторов на величины критического теплового потока мы исходили из полуэмпирического представления, что критический поток складывается из двух составляющих. Первая составляющая постоянна для данного теплоносителя при данном давлении. Численно она равна критической нагрузке для этого теплоносителя в большом объеме при заданном давлении. Влияние давления может быть учтено множителем P^k в постоянной составляющей уравнения (1). Вторая составляющая учитывает прирост величины q_{kp} с появлением и увеличением недогрева теплоносителя и скорости движения недогретого теплоносителя. Эта составляющая должна учитываться степенными множителями $W^n t^m$ с некоторым свободным коэффициентом*.

Опыты проводились на экспериментальной установке, имеющей вид однотрубного замкнутого контура с принудительным движением жидкости. Экспериментальный участок представлял собой вертикальный отрезок трубы длиной 200 мм (сталь 1Х18Н9Т, диаметр 15 мм, толщина стенки 2,5 мм), обогреваемый током низкого напряжения от понижающего трансформатора.

В опытах измерялись температура теплоносителя до и после экспериментального участка, температура жидкости перед измерительной диафрагмой, давление, расход жидкости и количество электроэнергии, необходимое на обогрев экспериментального участка.

Общая погрешность в определении величины критического потока составляла 10%, а погрешность определения расхода жидкости не превышала 3—4%.

Критические тепловые потоки достигались во всех опытах путем постепенного повышения электрической нагрузки на рабочем участке трубы. При этом после каждого повышения электрической нагрузки регистрировались показания всех измерительных приборов.

В большинстве опытов критические нагрузки определялись по покраснению стенки экспериментальной трубы. Следует отметить, что при покраснении стенки трубы не разрушались ввиду относительно небольшого давления теплоносителя в трубе ($P \approx 1-3$ ата). Благодаря этому всегда удавалось снять электрическую нагрузку с экспериментального участка раньше, чем могло наступить белое каление экспериментальной трубы.

Для проверки повторяемости измерений вторично включалась полная электрическая нагрузка с последующим постепенным выведением электрической нагрузки автотрансформатором и регистрацией показаний приборов в момент снятия кризиса (исчезновения покраснения). В некоторых опытах критическая нагрузка снималась путем увеличения скорости движения теплоносителя в трубе.

Первичные опытные данные обрабатывались в форме простой зависимости:

$$q_{kp} = f(W, \Delta t)_p,$$

где q_{kp} — величина критического теплового потока, $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$; W — линейная скорость движения потока теплоносителя в экспериментальном участке, $\text{м}/\text{сек}$; Δt — значения недогрева жидкости до температуры насыщения, $^{\circ}\text{C}$.

На рис. 1 приведена зависимость критических тепловых потоков от недогрева теплоносителя, движущегося в трубе диаметром 15 и длиной 200 мм со скоростью 2—4,5 $\text{м}/\text{сек}$ при избыточном давлении 200—

* Физические константы взяты из работ [9, 10].

300 $\text{кг}/\text{м}^2$. Из рисунка видно, что эта зависимость является степенной и удовлетворительно описывается эмпирическим соотношением

$$q_{kp} = 1,6 (W^{0,6} \Delta t^{0,8}) \cdot 104 + 3 \cdot 10^5 \cdot (P)^{0,6} \text{ ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \quad (1)$$

(на графике кривая построена по этому соотношению).

При малых недогревах ($\sim 30^{\circ}\text{C}$) экспериментальные точки ложатся непосредственно на кривую. При средних недогревах ($\Delta t = 40 \div 145^{\circ}\text{C}$) имеет место некоторый разброс точек около кривой 1, который, однако, не выходит за пределы $\pm 10\%$, и лишь при

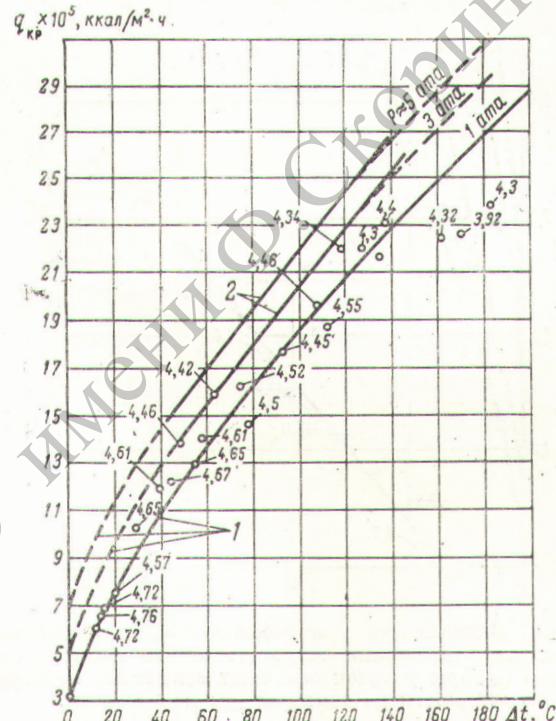


Рис. 1. Зависимость критического теплового потока от недогрева жидкости до температуры насыщения (цифры у точек означают величины скоростей):
1 — зависимость (1); 2 — данные работы [8].

больших недогревах ($\Delta t \sim 150^{\circ}\text{C}$) наблюдается существенное отклонение точек от кривой. При больших значениях недогрева наблюдается тенденция к снижению влияния изменения величины недогрева на критический тепловой поток.

На этом же рисунке приведены кривые, аппроксимирующие данные работы [8], которые получены при той же линейной скорости теплоносителя в трубе диаметром 10 и длиной 100 мм при давлении 3 и 5 ата.

Сопоставление этих данных с нашими показывает, что в обследованном авторами работы [8] диапазоне недогрева эти данные с учетом влияния давления удовлетворительно согласуются с нашими данными и описываются соотношением (1).

Влияние давления здесь учтено множителем $P^{0,6}$, который учитывает прирост величины q_{kp} за счет уменьшения объемного паросодержания в пристенном слое (уменьшения диаметра отрывающегося пузыря).

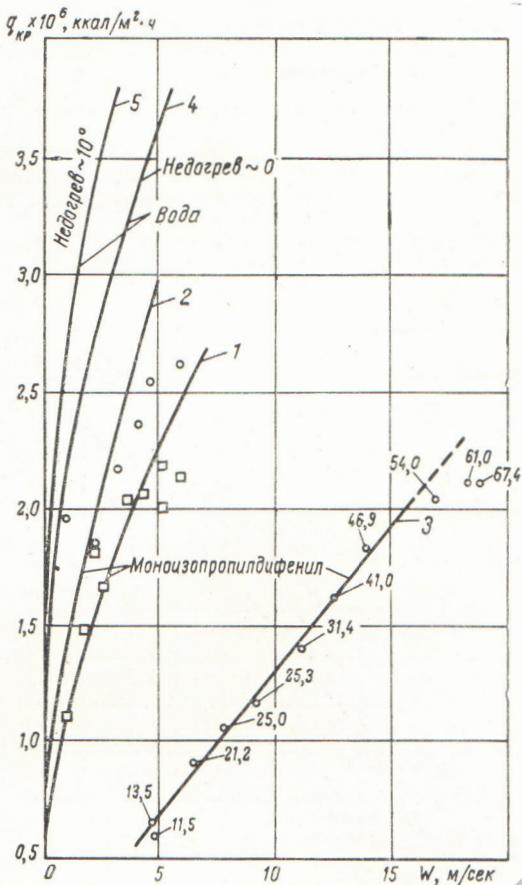


Рис. 2. Зависимость критического теплового потока от скорости движения жидкости около поверхности нагрева (цифры у точек означают величины недогрева жидкости до температуры насыщения).

На рис. 2 приведена зависимость величины критического теплового потока от линейной скорости тепло-

носителя в трубе при постоянном недогреве его до температуры насыщения. Кривая 1 построена по опытным данным, полученным при недогреве 120° С, кривая 2 — при недогреве 175° С. Обе аппроксимирующие кривые построены по эмпирическому соотношению (1). Из рисунка видно, что кривые удовлетворительно описывают опытные данные как в первом, так и во втором случае; приведены данные, полученные в опытах по исследованию влияния на критическую нагрузку скорости при изменяющемся недогреве (кривая 3). Эти данные также хорошо описываются кривой, построенной по соотношению (1). Кривые 4, 5 построены по результатам работы [3].

Таким образом, это соотношение может быть использовано для приближенного определения критического теплового потока в трубах при движении в нихmonoизопропилдифенила в обследованном диапазоне скоростей теплоносителя и недогреве его до температуры насыщения в интервале давления 1—5 ата.

Поступило в Редакцию 6/XII 1963 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Ю. П. Шлыков и др. «Атомная энергия», 8, 144 (1960).
- М. Е. Миропольский. «Атомная энергия», 11, 515 (1961).
- А. П. Орнатский. «Тр. Ин-та теплоэнергетики АН УССР», № 2 (1950).
- Г. Н. Кружилин. «Изв. АН СССР. Отд. техн. наук», № 7 (1948); № 5 (1949).
- C. Trilling et al. Доклад № 1779, представленный США на Вторую международную конференцию по мирному использованию атомной энергии. Женева, 1958.
- А. В. Чечеткин. Высокотемпературные теплоносители. М., Госэнергоиздат, 1957.
- Cichelli, Bonilla. Inst. Chem. Engng, No. 6 (1945).
- А. С. Стерман. «Теплоэнергетика», № 2, 85 (1963).
- Н. Б. Варгафтик и др. «Изв. высш. учебн. заведений. Химия», № 3 (1963).
- М. П. Вуколович и др. «Теплоэнергетика», № 4, 70 (1962).

УДК 539.16.08

Погрешности при градуировке γ -дозиметров в коллимированном пучке

Э. Ф. Гарапов, Ю. Н. Грязнов, Г. А. Дорофеев

Градуировка γ -дозиметров, основанная на применении образцовых γ -источников, производится как с помощью незащищенного источника, так и в коллимированных пучках γ -излучения [1]. Однако при использовании незащищенного источника невозможно добиться тех условий, в которых аттестуются образцовые γ -источники, что и приводит к погрешностям при градуировке. Кроме того, возможны искажения поля точечного источника вследствие рассеянного излучения от окружающих его предметов. Применение коллимированного пучка позволяет легко воспроизво-

дить геометрию аттестации образцового источника, сводит к минимуму эффект рассеяния и обеспечивает радиационную защиту обслуживающего персонала. Однако при изменении угла раствора коллимированного пучка показания градуируемых приборов могут существенно отличаться за счет вклада рассеянного излучения [2].

Настоящая работа посвящена изучению изменения спектра излучения в зависимости от угла раствора коллимированного пучка и расстояния между детектором и источником с целью установления способа сни-