

Полученные результаты показаны на рис. 3. Величина $\bar{\varepsilon}$ также зависит от закона распределения скоростей: по формуле Прандтля $\bar{\varepsilon} = 0,205 Re^{1/8}$; по формуле Рейхардта $\bar{\varepsilon} = 0,254 Re^{1/8}$.

На рис. 3 даны усредненные аналогичным образом значения $\bar{\varepsilon}$, полученные в работах [7, 8]. Следует отметить, что авторы этих работ использовали свои данные о распределении скоростей в турбулентном ядре потока, хорошо соответствующие закону Прандтля [2].

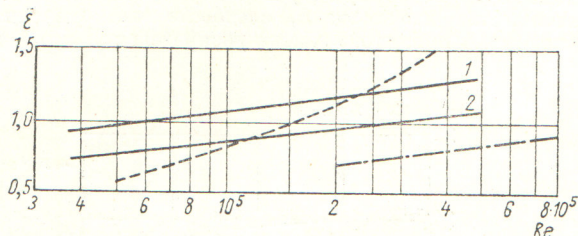


Рис. 3. Среднее по радиусу ($\xi = 0,5 \div 0,9$) значение $\bar{\varepsilon}$ в зависимости от чисел Re :

— — данные авторов настоящей работы (1 и 2 — для распределения скоростей по формулам Рейхардта и Прандтля соответственно); — — — — данные работы [5]; — — — — данные работы [6].

Хотя опытные данные различаются между собой, наблюдается общая тенденция увеличения величины $\bar{\varepsilon}$ с ростом чисел Re . При высоких числах Re значение $\bar{\varepsilon}$ становится больше единицы, что указывает на превышение коэффициента турбулентного переноса тепла над коэффициентом турбулентного переноса количества движения.

Величина $\bar{\varepsilon}$ играет большую роль в полуэмпирических теориях теплообмена, так как позволяет легко найти поле температур по известному закону распределения скоростей. Экспериментальное определение величины $\bar{\varepsilon}$ дает возможность проверить справедливость допущений полуэмпирических теорий. Однако при этом не раскрывается физическая сущность процесса теплообмена. На наш взгляд, полуэмпирические теории теплообмена для жидких металлов [7—9], в которых

хотя и предполагается, что величина $\bar{\varepsilon}$ зависит от скорости, но принимает максимальное значение, равное единице, только при числах $Pe \rightarrow \infty$, а также те теории [10—12], в которых принимается, что величина $\bar{\varepsilon}$ не зависит от скорости, не являются вполне обоснованными. Наблюдающиеся в определенном интервале чисел Re и Pr удовлетворительное совпадение опытных данных с некоторыми теоретическими решениями указывает лишь на правильность полученных формул для расчета теплоотдачи, а отнюдь не подтверждает механизма турбулентного переноса тепла, принятого в этих теориях. Физически обоснованную теорию теплообмена можно создать лишь на основе непосредственного изучения величин, характеризующих турбулентный перенос тепла, т. е. путем исследования пульсаций скорости, температуры и их статистических связей.

Поступило в Редакцию 9/VII 1962 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Субботин и др. «Атомная энергия», 11, вып. 2, 133 (1961).
2. В. И. Субботин и др. «Атомная энергия», 10, вып. 4, 384 (1961).
3. Проблемы турбулентности. Сб. статей под ред. М. А. Великанова и Н. Г. Швейковского. М., ОНТИ, 1936.
4. H. Reichardt. Z. angew. Math. und Mech., 31, Nr. 7, 208 (1951).
5. К. Д. Воскресенский, Е. С. Турлина. Сб. «Теплопередача и тепловое моделирование». М., Изд-во АН СССР, 1958, стр. 87.
6. R. Deissler. Trans. ASME, 73, 2 (1951).
7. S. Isakoff, T. Drew. General discussion on Heat Transfer. London, 1951, p. 405.
8. H. Brown, B. Amstead, B. Short. Trans. ASME, 79, 2, 279 (1957).
9. P. Lykoudis, I. Touloukian. Trans. ASME, 80, 3, 653 (1958).
10. R. Martinelli. Trans. ASME, 69, 8, 947 (1947).
11. R. Lyon. Chem. Engng. Progr., 47, 2, 75 (1951).
12. Н. И. Булеев. В сб.: «Вопросы теплообмена». М., Изд-во АН СССР, 1959, стр. 208.

621.039.53

Теплоемкость тяжелой воды при высоких давлениях и температурах

С. Л. Ривкин, Б. Н. Егоров

Результаты измерений теплоемкости тяжелой воды в жидкой фазе при давлениях до 100 кг/см^2 и температурах до 300°C уже были опубликованы [1]. В данной статье приводятся результаты дальнейших исследований теплоемкости тяжелой воды в жидкой и паровой фазах и в сверхкритической области параметров состояния. Измерения проводились методом проточного адиабатического калориметра в замкнутой схеме циркуляции на новой экспериментальной установке, схема которой приведена на рисунке*. В отличие от описанной

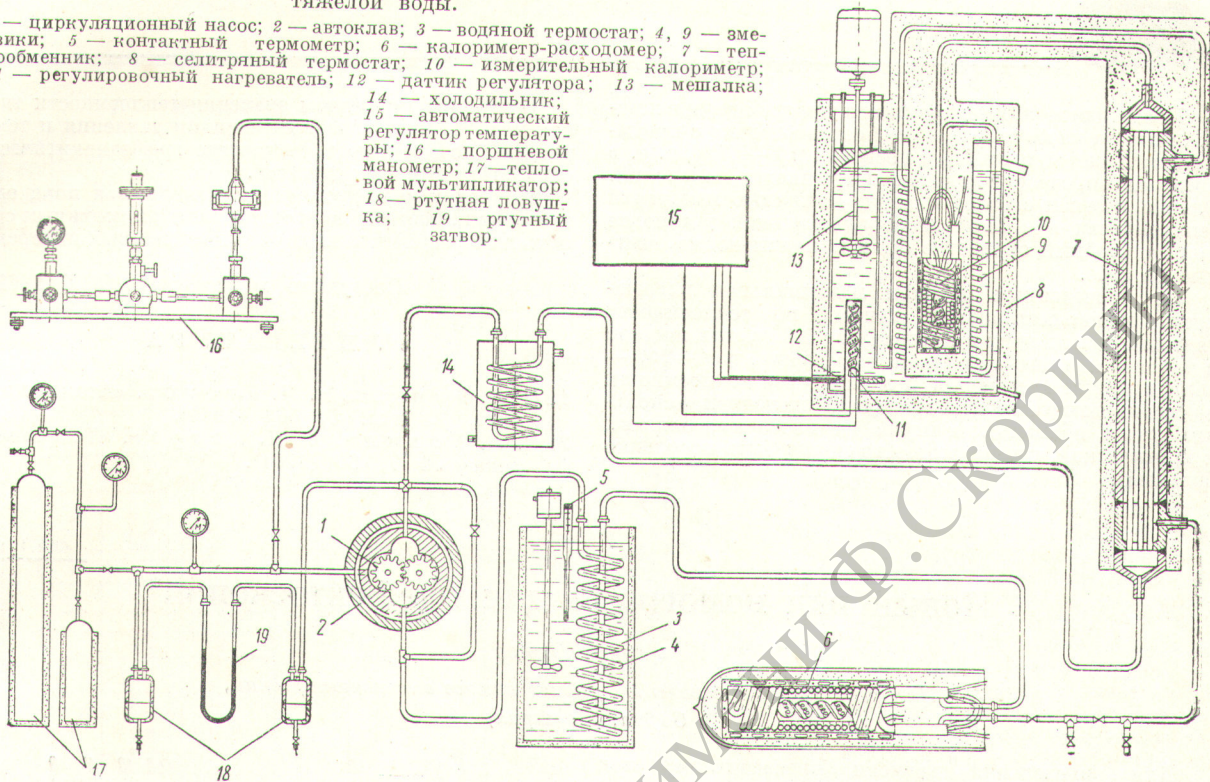
ранее установки [1] в новой установке для термостатирования калориметров применены жидкостные термостаты с очень точным ($\pm 0,01^\circ \text{C}$) регулированием температуры. Наряду с другими усовершенствованиями это позволило существенно упростить технику и повысить точность измерений.

На новой экспериментальной установке были проведены три серии опытов. В первой серии измерялась теплоемкость тяжелой воды в жидкой фазе на пяти изобарах: 100, 150, 200, 225 и 250 кг/см^2 (58 опытных точек); во второй серии — в паровой фазе на трех изобарах: 150, 175 и 200 кг/см^2 при температурах до 450°C (42 опытные точки); в третьей серии — в сверхкритической области параметров состояния на шести изобарах: 225, 240, 250, 260, 275 и 300 кг/см^2 при температурах от $330\text{—}360$ до 450°C (137 опытных точек).

* На этой установке были проведены также измерения теплоемкости этилового спирта в сверхкритической области параметров состояния. Результаты измерений с подробным описанием методики опубликованы в работе [2].

Схема экспериментальной установки для исследования теплоемкости тяжелой воды.

- 1 — циркуляционный насос; 2 — автоклав; 3 — водяной термостат; 4, 9 — змеевики; 5 — контактный термометр; 6 — калориметр-расходомер; 7 — теплообменник; 8 — селитряный термостат; 10 — измерительный калориметр; 11 — регулировочный нагреватель; 12 — датчик регулятора; 13 — мешалка; 14 — холодильник; 15 — автоматический регулятор температуры; 16 — поршневой манометр; 17 — тепловой мультипликатор; 18 — ртутная ловушка; 19 — ртутный затвор.



Теплоемкость тяжелой воды, ккал/кг·град

Температура, °C	Давление, кг/см ²										
	50	100	150	175	200	225	240	250	260	275	300
20	1,002	0,999	0,996	0,995	0,993	0,991	0,990	0,989	0,988	0,988	0,986
40	1,000	0,997	0,995	0,993	0,992	0,991	0,990	0,990	0,989	0,989	0,987
60	0,997	0,994	0,992	0,991	0,989	0,988	0,988	0,987	0,987	0,987	0,985
80	0,996	0,994	0,991	0,990	0,989	0,988	0,987	0,986	0,986	0,986	0,985
100	0,996	0,993	0,991	0,990	0,988	0,987	0,987	0,986	0,986	0,985	0,984
120	0,997	0,994	0,992	0,991	0,990	0,988	0,987	0,987	0,986	0,986	0,985
140	1,001	0,998	0,995	0,993	0,992	0,990	0,989	0,989	0,988	0,987	0,986
160	1,006	1,002	0,999	0,997	0,995	0,993	0,992	0,992	0,991	0,990	0,989
180	1,016	1,011	1,006	1,004	1,002	1,000	0,999	0,998	0,997	0,996	0,994
200	1,032	1,027	1,020	1,017	1,014	1,012	1,010	1,009	1,008	1,007	1,004
220	1,058	1,048	1,039	1,035	1,031	1,028	1,026	1,025	1,024	1,022	1,020
240	1,090	1,078	1,068	1,062	1,057	1,052	1,049	1,048	1,046	1,043	1,040
260	1,139	1,123	1,108	1,100	1,093	1,086	1,081	1,079	1,076	1,072	1,066
280	—	1,182	1,161	1,149	1,142	1,131	1,126	1,122	1,119	1,114	1,106
300	—	1,300	1,251	1,233	1,216	1,200	1,192	1,186	1,180	1,172	1,160
310	—	—	1,320	1,292	1,268	1,246	1,234	1,226	1,220	1,209	1,194
320	—	—	1,418	1,374	1,339	1,308	1,292	1,280	1,270	1,254	1,234
330	—	—	1,576	1,500	1,442	1,395	1,369	1,353	1,337	1,316	1,287
340	—	—	—	—	1,610	1,529	1,486	1,460	1,437	1,406	1,364
350	—	—	1,807	—	1,936	1,757	1,672	1,624	1,582	1,530	1,462
360	—	—	1,450	2,374	3,220	2,250	2,035	1,920	1,826	1,730	1,620
370	—	—	1,240	1,730	3,160	6,148	3,232	2,720	2,425	2,143	1,890
380	—	—	1,112	1,422	2,018	3,905	10,88	12,20	5,28	3,310	2,418
390	—	—	1,014	1,241	1,588	2,293	3,220	4,27	6,35	8,565	3,960
400	—	—	0,939	1,114	1,348	1,755	2,144	2,490	3,030	4,055	5,775
410	—	—	0,882	1,019	1,199	1,470	1,700	1,875	2,095	2,528	3,580
420	—	—	0,837	0,949	1,090	1,286	1,431	1,545	1,675	1,920	2,485
430	—	—	0,802	0,894	1,007	1,150	1,260	1,345	1,435	1,593	1,930
440	—	—	0,774	0,852	0,947	1,062	1,146	1,208	1,277	1,393	1,627
450	—	—	0,750	0,819	0,903	0,997	1,061	1,109	1,162	1,250	1,415

Новые измерения теплоемкости тяжелой воды в жидкой фазе на изобаре 100 кг/см^2 согласовались с предыдущими измерениями [1] в пределах 0,2—0,7%, т. е. в пределах определенной ранее погрешности измерений. Однако в связи с более высокой точностью измерений теплоемкости на новой экспериментальной установке при дальнейшей обработке были приняты новые опытные данные.

По проведенным оценкам максимальная погрешность экспериментальных данных по теплоемкости тяжелой воды лежит в пределах от 0,35% для жидкой и паровой фаз вдали от линии насыщения, до 1—2% — вблизи линии насыщения и максимумов теплоемкости на сверхкритических изобарах (за исключением нескольких точек вблизи максимума на изобарах, близких к критической, где погрешность может быть несколько большей).

В таблице приведены значения теплоемкости тяжелой воды для округленных величин давления и температуры, полученные в результате графоаналитической обработки опытных данных.

Приводимые в статье данные являются пока единственными, поэтому не представляется возможным сравнить их с результатами других независимых измерений.

Поступило в Редакцию 1/IX 1962 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Л. Ривкин, Б. Н. Егоров. «Атомная энергия», 7, вып. 5, 462 (1959).
2. С. Л. Ривкин, Б. Н. Егоров. «Теплоэнергетика» № 7, 60 (1961).

620.179.152

Новый вид номограмм для γ -дефектоскопии*

Славчо Попов

Лаборатория по применению радиоизотопов в машиностроении,
София, Болгария)

Для определения времени просвечивания при γ -дефектоскопическом контроле наиболее широкое распространение получили номограммы, на которых в прямоугольной координатной системе нанесена зависимость между толщиной исследуемой детали d в миллиметрах и экспозицией в $\text{г. экв Ra} \cdot \text{ч}$ при определенных значениях расстояния F в сантиметрах от источника излучения до фотошленки [1—3].

Этот вид номограмм не дает возможности прямо по ним отсчитывать продолжительность времени просвечивания t и определить требуемую активность источника излучения Q .

В связи с этим предлагается новый вид номограмм для определения времени просвечивания t при заданных толщине контролируемой детали d , активности источника излучения Q и расстоянии F от источника до фотошленки.

На рис. 1 показана такая номограмма для определения необходимых параметров при контроле изделий из стали и чугуна с помощью радиоизотопа Co^{60} . Толщина исследуемого материала в номограмме учтена в пределах 0—250 мм. Жирной сплошной линией на шкале толщины номограммы ограничен тот диапазон толщин изделий, для которого чувствительность контроля с помощью этого источника [4] максимальна (50—250 мм).

Эта номограмма построена на основе использования данных существующих номограмм [1—3]. По оси I на логарифмической шкале нанесены значения активности источника в диапазоне 0,1—10 г. экв Ra , на оси II — фокусные расстояния F в пределах от 10 до 120 см с делениями по 5 см и на оси III — время просвечивания t в диапазоне от 0,1 до 100 ч.

Рис. 1. Номограмма для определения времени просвечивания при заданных толщине изделия и фокусном расстоянии в случае применения источников излучения из Co^{60} .

* Перевод с болгарского.

