

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

А. Г. ГИНДОЯН

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА ТУФОВЫХ КАМНЕЙ

Перенос тепла материалов характеризуется коэффициентами теплопроводности  $\lambda$ , удельной теплоемкости  $c$  и температуропроводности  $a$ .

Существует много работ, посвященных исследованию зависимости коэффициентов теплопроводности, температуропроводности и теплоемкости от пористости и влажности материалов. Однако, сравнивая полученные данные, видим большой разницей в значениях коэффициентов одних и тех же материалов, полученных различными исследователями. Такое положение объясняется как методическими погрешностями, имевшими место при определении термических констант на различного рода приборах, так и влиянием перераспределения влаги в образцах в процессе испытания, а также сложностью поддержания постоянного теплового режима на приборах, основанных на стационарном методе.

Общезвестно, что для определения термических характеристик влажных строительных материалов пригодны только методы нестационарного теплового потока; при применении их в испытуемом материале создаются небольшие (порядка 2—3°) перепады температур, и опыт длится в течение 30—60 сек. Поэтому, в процессе определения характеристик, влажностное состояние образца не успевает измениться [1].

Одним из методов определения коэффициентов переноса тепла при нестационарном потоке является абсолютный метод, с постоянно действующим или мгновенным источником тепла, с линейным или периодическим ходом температуры, теоретическое положение которого разработано А. В. Лыковым. Реализацией этого метода является сконструированный Е. Е. Вишневым [2] прибор, который основан на принципе равномерно действующего в конечном отрезке времени линейного источника тепла.

Прибор Е. Е. Вишневого рекомендован в проекте ГОСТа для определения коэффициентов переноса тепла материалов; его метод состоит в нахождении зависимости температуры от времени при заданной мощности источника тепла для точек материала, примыкаю-

щих к тепловому источнику и находящихся от него на некотором расстоянии, а также в нахождение времени наступления температурного максимума.

Подробное описание прибора Е. Е. Вишневого и о преимуществах его метода см. [2].

На рис. 1 приведена схема установки, с помощью которой были

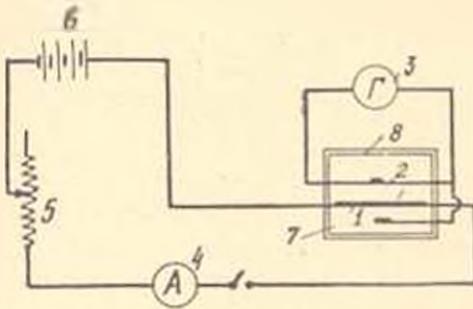


Рис. 1. 1 — Датчик теплового импульса; 2 — Электронитическая дифференциальная термопара; 3 — Гальванометр типа ГЗП. 4 — Амперметр; 5 — Реостат; 6 — Источник постоянного тока — аккумуляторная батарея; 7 — Испытуемый образец; 8 — Термостат.

проведены определения коэффициентов переноса тепла туфовых камней по этому методу.

Коэффициенты переноса тепла материалов определялись по формулам:

$$\lambda = \frac{0.86 R_n I_0^2}{4\pi L_0 \Delta t_{\max}} \frac{\text{ккал}}{\text{м час град}} \quad (1)$$

$$a = \frac{r_0^2}{4\tau_0} \frac{\text{м}^2}{\text{час}} \quad (2)$$

$$c = \frac{\lambda}{\tau_0 a} \frac{\text{ккал}}{\text{кг град}} \quad (3)$$

где  $R_n$  — сопротивление электроннагревателя — импульсного датчика в омах;

$L_0$  — длина нагревателя-импульсного датчика в метрах;

$I_0$  — сила тока в амперах;

$\Delta t_{\max}$  — максимум избыточной температуры, определяемый по формуле  $\Delta t_{\max} = \frac{n_{\max}}{p}$ ; (4)

$n_{\max}$  — максимальное показание гальванометра после прекращения действия теплового импульса (в делениях шкалы);

$p$  — число делений гальванометра на градус температурного перепада между термосвязью дифференциальной термопары;

$r_0$  — расстояние между нитями датчиков теплового импульса и электрической термопары в метрах;

$\tau_0$  — продолжительность действия теплового импульса в часах;

$\tau_{\max}$  — момент наступления  $\Delta t_{\max}$ ;

$\varphi_1$  и  $\varphi_2$  — безразмерные величины; определяются по вспомогательным графикам в зависимости от отношения  $\frac{\tau_0}{\tau_{\max}}$  [2].

Имея значения  $\lambda$ ,  $a$ , и  $c$ , можно определить объемную теплоемкость  $c_v$ , коэффициент теплоусвоения материала  $s$  и коэффициент удельной активности  $b$ .

Перед тем как перейти к описанию результатов исследования,

остановимся на вопросе об объединении различных видов туфов в отдельные группы на основе их теплофизических качеств.

На основе анализа петрографического состава и некоторых физико-механических свойств туфовых камней, по классификации З. А. Ацагорцяна устанавливается пять типов туфов. Результаты наших исследований показывают, что в некоторых случаях возможно все туфы объединить в одну группу для их теплотехнической оценки. Это возможно из-за сходства химического состава исходных компонентов, условия их образования и структуры туфов различных видов.

В табл. 1 и 2 приведены физико-химические показатели изученных туфов.

Таблица 1

Наименование туфа	Объемный вес в кг/м <sup>3</sup>	Удельный вес в кг/м <sup>3</sup>	Средний диаметр капилляров в м	Процентное соотношение объема микрокапилляров ( $d = 0,2 \mu$ ) к общему объему пор
Анииский . . . . .	1120—1240	2350	10	4,4
Артекский . . . . .	1000—1380	2500—2600	26	0,8
Ереванский . . . . .	1470—1725	2400—2600	18	4,9
Бюраханский . . . . .	1760—1780	2500—2600	—	—
Фельзитовый . . . . .	1860—1995	2400—2640	3,7	8,6

Таблица 2

Химический состав туфовых камней в процентах

Наименование туфа	SiO <sub>2</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	п.п.п.
Анииский . . . . .	68,99	0,25	15,26	2,76	—	—	0,73	2,03	5,19	—	—	3,26
Артекский . . . . .	63,92	0,69	16,92	3,74	0,79	0,32	1,05	2,95	9,04	0,51	0,30	1,22
Ереванский . . . . .	63,09	0,64	16,47	4,94	—	—	1,44	3,49	6,60	—	—	2,39
Бюраханский . . . . .	62,8	0,80	16,57	2,77	0,73	0,07	1,27	2,62	9,61	—	2,18	—
Фельзитовый . . . . .	67,78	0,17	13,27	3,66	—	—	0,89	3,12	6,0	0,21	—	3,77

Некоторые данные о структуре туфовых камней даны в [8].

Таким образом, возможная ошибка теплофизических показателей не превышает 5% при объединении туфов в одну группу. Характеристики этих материалов приведены в общих таблицах. Такой подход облегчает практическую оценку материалов.

С точки зрения структуры эти материалы можно отнести к неорганическим связанным материалам смешанного строения (по классификации, предложенной Б. Н. Кауфманом [3]). Коэффициенты переноса тепла зависят в основном от структуры материалов, влажности и температуры.

Зависимости коэффициентов переноса тепла от температуры посвящено много работ [5, 6]. Для туфовых камней, при колебаниях температуры в пределах до 50°, можно принять линейную зависимость коэффициентов переноса тепла от температуры.

Относительная сложность структуры материалов смешанного строения и отсутствие достаточного исследования структуры пор туфовых камней не дает пока возможности установить какую-либо количественную связь между коэффициентом переноса тепла и характером распределения пор по радиусу в туфовых камнях различных типов.

Поэтому основное внимание нами было уделено выявлению зависимости коэффициентов переноса тепла от объемного веса и влажности материалов.

В настоящее время практическое применение в строительстве имеют туфы с объемным весом 1000—2000 кг/м<sup>3</sup>. Нами этот предел и был охвачен при испытаниях. Было испытано пять основных типов туфовых камней (табл. 1), добываемых из различных карьеров на территории Армянской ССР.

### Результаты испытаний

Испытания материалов производились на образцах размерами 7×7×3,5, помещенных в термостат. Датчики теплового импульса и дифференциальные термопары были изготовлены из константановой проволоки  $d = 0,1$  мм. Сила тока в цепи датчика теплового импульса принималась в зависимости от объемного веса и составляла при наших испытаниях 0,5—0,8 ампер. Для получения надежных результатов каждый образец испытывался в двух режимах по три раза в каждом.

Длительность действия теплового импульса принималась 30—60 сек. Определение коэффициентов производилось при комнатной температуре 20 ± 5.

Всего было произведено 450 замеров для пяти видов туфов, объемным весом от 1000 до 2000 кг/м<sup>3</sup>.

Для нахождения зависимости коэффициента теплопроводности от объемного веса и влажности испытания производились при сухом состоянии и при различных влажностях материалов.

а) *Сухие материалы.* На рис. 2 приведены результаты опытных данных при нулевой влажности материалов.

Анализ полученных данных показывает, что для оценки коэффициента теплопроводности возможно все материалы объединить в одну группу, за исключением анийского типа и выразить зависимость коэффициента теплопроводности от объемного веса в виде кривой, показанной на рис. 2. Той же зависимостью можно пользоваться для оценки анийского туфа, увеличивая при этом полученные значения в среднем на 12%. Ошибка не превышает 5%.

Повышенные значения коэффициентов теплопроводности и теплоемкости для анийского туфа объясняются, во-первых, большим содержанием SiO<sub>2</sub> (примерно 69%), тогда как в арктическом туфе оно равняется 63,92%. Коэффициент теплопроводности SiO<sub>2</sub> в аморфном состоянии равняется 1.19 ккал/м час град. Между тем процентное со-

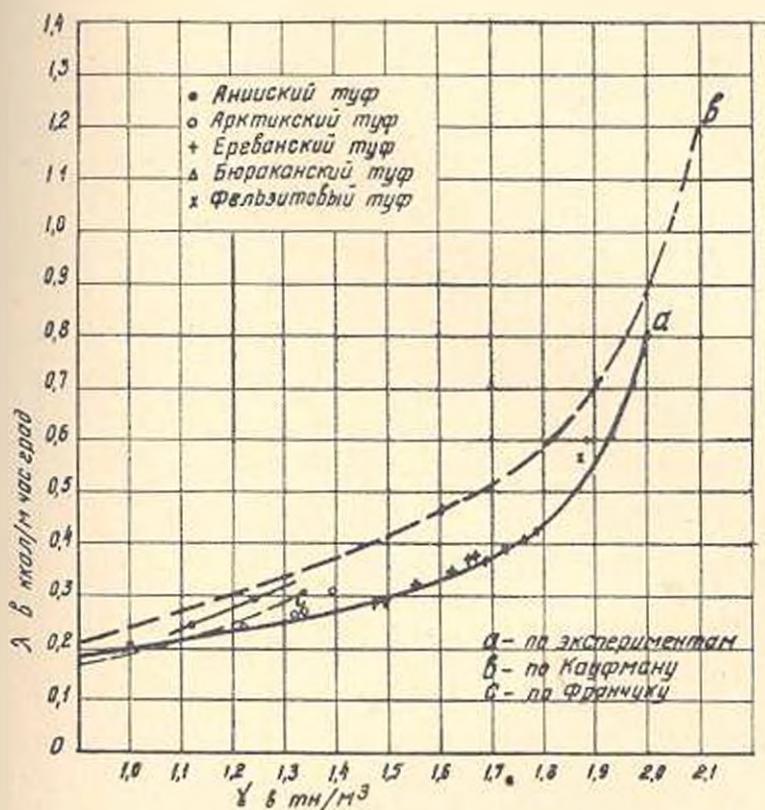


Рис. 2.

держание элементов с низкими коэффициентами теплопроводности по анисскому туфу меньше. Например, содержание  $\text{CaO}$  составляет всего 2,03% (табл. 2). Для  $\text{CaO}$   $\lambda = 0,41$  ккал/м час град. Во-вторых, структура анисского туфа значительно отличается от остальных видов [8].

Коэффициент удельной теплоемкости равен сумме теплоемкостей его составных частей. Полученные нами данные для отдельных видов туфов могут быть рекомендованы для расчетной практики.

Изменение коэффициента температуропроводности от объемного веса колеблется в незначительных пределах, и количество наших опытов не дает возможности строго выявить эту зависимость. Из табл. 4 заметно увеличение коэффициента температуропроводности с возрастанием объемного веса сухого материала.

Представляет интерес сравнение полученных нами данных и условиях нестационарного теплового режима с данными А. У. Франчука [4] и Б. Н. Кауфмана [3], полученными по методу постоянного теплового режима.

Результаты испытания образцов в сухом состоянии

Наименование туфол	Объемный вес $\gamma$ в $\text{кг/м}^3$	Пористость $\mu$ , %	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ в $\frac{\text{ккал}}{\text{м}\cdot\text{час}\cdot\text{град}}$	Коэффициент температуры-проводности $\alpha$ в $\frac{\text{м}^2}{\text{час}} \times 10^4$	Удельная теплоемкость $c$ в $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}\cdot\text{град}}$
Алпийский	1120	52,3	0,241	10,80	0,199
	1240	47,2	0,290	12,50	0,187
Арктический	1000	60,8	0,203	11,20	0,184
	1230	52,2	0,243	11,40	0,174
	1315	48,4	0,261	11,68	0,170
	1330	47,8	0,267	11,70	0,173
	1380	45,8	0,302	13,50	0,170
Ереванский	1470	41,2	0,286	9,80	0,198
	1490	40,5	0,291	10,55	0,185
	1550	38,1	0,323	10,63	0,196
	1620	35,2	0,349	11,40	0,188
	1630	34,1	0,372	12,40	0,182
	1660	33,6	0,376	12,10	0,187
	1685	32,6	0,360	11,85	0,181
Гюраклийский	1725	31,0	0,399	12,65	0,182
	1760	30,9	0,411	12,40	0,188
	1780	30,2	0,422	12,60	0,188
Фельзитовый	1860	25,6	0,570	17,60	0,180
	1925	23,0	0,617	17,70	0,182
	1970	26,3	0,705	19,65	0,181
	1995	24,4	0,802	22,60	0,185

Б. Н. Кауфман дает коэффициенты теплопроводности неорганически связанных материалов смешанного строения, включая в них бетоны и растворы различных видов, силикатный кирпич, туфы, песчаники, конгломераты без учета пористости материалов. На основе проведенных экспериментов, в основном на бетонных образцах различных объемных весов, Б. Н. Кауфман рекомендует следующую эмпирическую формулу для определения коэффициента теплопроводности в зависимости от объемного веса сухого материала:

$$\lambda = 0,0935\gamma - 2,28 - 0,025. \quad (5)$$

Эта формула, как показывают опыты, дает преувеличенное значение (рис. 2) и не может быть использована для определения коэффициентов теплопроводности туфовых камней.

Для обоснования применимости данной формулы для туфовых камней Б. Н. Кауфманом проведено испытание двух туфовых образцов с объемным весом  $\gamma = 1000$  и  $\gamma = 1304$   $\text{кг/м}^3$ . При этом не указаны вид месторождения. Приведенные данные Б. Н. Кауфмана ближе всего подходят к туфам алпийского типа.

В таблицах А. У. Франчука приведены значения коэффициентов теплопроводности только для арктического туфа с объемным весом  $\gamma = 600$  до  $\gamma = 1300$   $\text{кг/м}^3$ . Отсутствуют данные для туфов с объем-

ным весом больше  $1300 \text{ кг/м}^3$ . В пределах объемных весов  $\gamma = 1000-1100 \text{ кг/м}^3$  результаты наших экспериментов совпадают с табличными данными А. У. Франчука. С увеличением объемного веса намечается некоторое расхождение в сторону уменьшения коэффициента теплопроводности (рис. 2).

В табл. 4 приведены значения коэффициентов теплопроводности для сухих материалов, в зависимости от объемного веса. В табл. 5 приведены средние значения коэффициентов температуропроводности и удельной теплоемкости для различных типов туфов.

Таблица 4

Коэффициенты теплопроводности туфовых камней в сухом состоянии

Наименование туфов	Объемный вес в $\text{кг/м}^3$										
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
Артыкский,											
Ереванский,											
Бюраканский фельзитовый	0,203	0,212	0,230	0,254	0,214	0,300	0,335	0,385	0,445	0,570	0,802
Анииский	0,244	0,254	0,276	0,305	0,329	0,36	—	—	—	—	—

Таблица 5

Средние значения удельной теплоемкости и коэффициенты температуропроводности туфовых камней в сухом состоянии

Наименование туфов	Средний объемный вес в $\text{кг/м}^3$	Удельная теплоемкость в $\text{ккал/кг град}$	Коэффициент температуропроводности $\alpha \times 10^4$ в $\text{м}^2/\text{час}$
Анииский	1180	0,193	11,6
Артыкский	1250	0,174	11,5
Ереванский	1600	0,187	11,4
Бюраканский	1770	0,188	12,5
Фельзитовый	1940	0,180	19,3

Приведенные в табл. 4 и 5 данные могут быть рекомендованы для практических расчетов.

**6) Влажные материалы.** Для установления зависимости коэффициентов переноса тепла от влажности испытания проводились при различных влажностях образцов. Учитывая, что фактическое влагосодержание материалов в правильно спроектированных и правильно эксплуатируемых ограждениях не должно превышать определенного предела, исходя из гигиенических требований, нами исследовались образцы с объемной влажностью до 20%.

Зависимость коэффициента переноса тепла от влажности материала приведена соответственно на рис. 3, 4, 5.

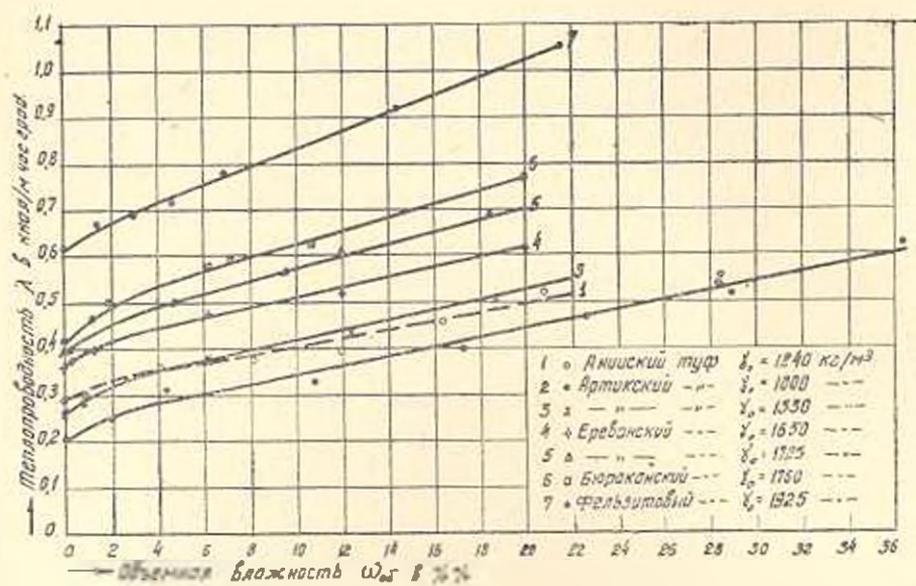


Рис. 3.

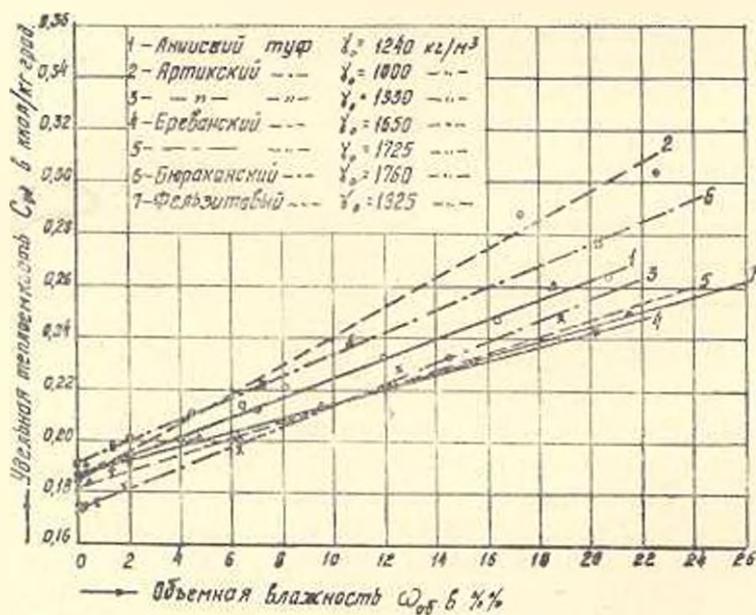


Рис. 4.

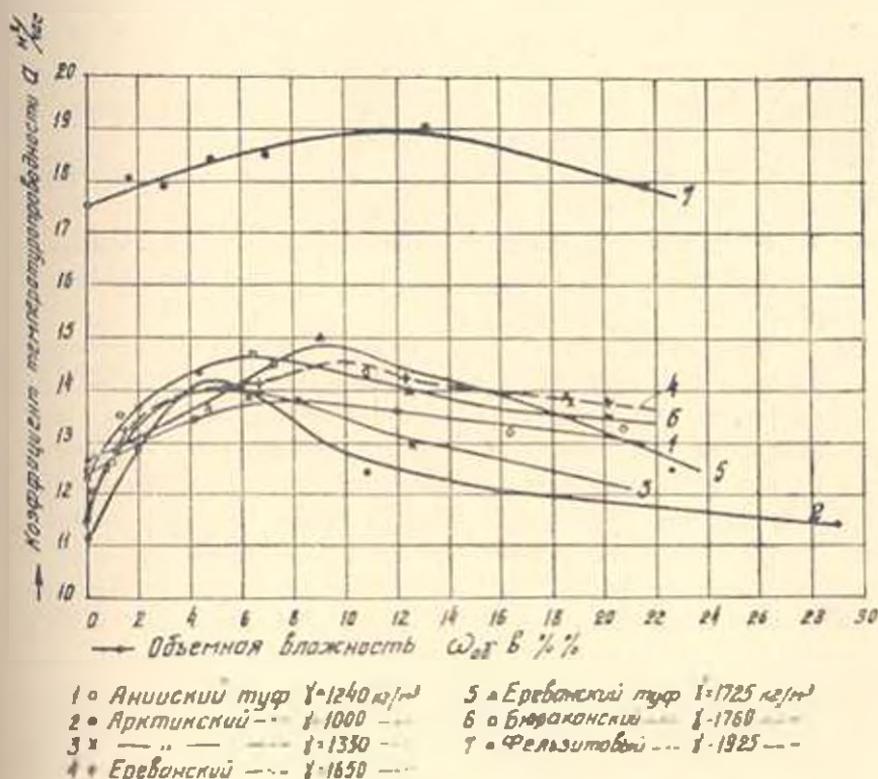


Рис. 5.

В начальный период увлажнения зависимость между влажностью и коэффициентом теплопроводности выражается кривой, направленной шпуклостью вверх. Начиная с влажности 3—5°, по объему эта зависимость изменяется и с достаточной точностью может быть охарактеризована прямой линией.

Заслуживает внимания тот факт, что увеличение коэффициента теплопроводности с повышением влажности материала происходит более интенсивно при малых значениях влажности, чем при больших. Примерно такая же закономерность получена и для силикатов в работе Г. А. Ташкинова<sup>6</sup>. Между тем Б. Н. Клауфман и А. У. Франчук дают прямо противоположную зависимость. Они считают, что в пределах влажности до 10% по объему эта зависимость выражается прямой линией, и лишь начиная с 10% влажности прямая переходит в кривую.

Причина такого противоречия заключается в следующем: у обоих авторов количество экспериментальных точек в диапазоне влажности 0—10% не превышает двух-трех, что неизбежно приводит к

<sup>6</sup> Г. А. Ташкинов. Исследование теплофизических качеств наружных стен из бесцементных блоков на известковом и известково-смесианном вяжущем. Диссертация, М., 1954.

спрямлению кривой на этом участке. По А. У. Франчуку, коэффициенты теплопроводности влажных материалов ниже, чем по Б. Н. Кауфману. Такое расхождение, видимо, вызвано недостатками метода постоянного теплового режима, положенного в основу определения коэффициентов теплопроводности у обоих авторов.

Теперь общезвестно, что определение коэффициентов переноса тепла влажных материалов на приборах стационарного метода, с большими перепадами температур на поверхностях образца при значительной длительности эксперимента, не гарантирует надежных результатов.

О причине интенсивного увеличения коэффициента теплопроводности при малых влажностях существуют различные мнения. Согласно А. В. Лыкону [1, 5], такое положение объясняется тем, что при малой влажности тела перенос тепла сопровождается переносом вещества в виде пара, что дает резкое увеличение эквивалентного коэффициента теплопроводности. При большой влажности массообмен, вызванный градиентом температуры, незначителен (температурный коэффициент переноса вещества уменьшается с повышением влажности). В этом случае теплообмен не осложняется массообменом и эквивалентный коэффициент теплопроводности близок к истинному.

У других авторов интенсивный рост коэффициента теплопроводности при малых влажностях объясняется еще тем, что при сорбционном увлажнении материала размеры контактных площадок между частицами материала увеличиваются менее интенсивно, чем при переходе от мономолекулярной к полимолекулярной водяной оболочке, что имеет место при небольших значениях влажности, не превышающих 3—4% влажности по объему.

В наших экспериментах перепад температуры не превышал 1—2° при продолжительности опыта 30—60 сек; следовательно, влияние массообмена на рост коэффициента теплопроводности было ничтожно мало. Таким образом, интенсивный рост  $\lambda$  при малых влажностях в данном случае не может быть объяснен только влиянием массообмена.

Интенсивный рост  $\lambda$  при малых влажностях объясняется различными свойствами сорбционно связанной и свободной воды в порах материалов. На самом деле анализ физических свойств сорбционной влаги показывает, что она имеет плотность меньше, чем свободная влага. Аналогично, теплоемкость сорбционной влаги не идентична теплоемкости свободной влаги. Пониженная теплоемкость сорбционной влаги, равная 0,75 ккал/кг град, говорит о приобретении ею иных свойств под влиянием твердых поверхностных частиц материала [7]. Исследования показывают также, что вязкость сорбционной воды больше, чем у обыкновенной воды. Таким образом, причину интенсивного роста коэффициента теплопроводности необходимо искать в связи сорбционной влаги с материалом.

Для количественной оценки этой связи необходимы дополнительные исследования этого вопроса.

Как показывает рис. 3, при объемных влажностях более 2—3%; интенсивность роста коэффициента теплопроводности убывает и приближается к линейной зависимости.

Обработка результатов испытания показывает, что зависимость коэффициента теплопроводности от объемной влажности для четырех основных групп (кроме арийского типа) хорошо выражается эмпирической формулой:

$$\lambda = \lambda_0 + 0,045 \sqrt{\omega \gamma_0} \quad (6)$$

где  $\lambda_0$  — коэффициент теплопроводности материала в сухом состоянии в ккал/м. час. град;

$\omega$  — объемная влажность в процентах;

$\gamma_0$  — объемный вес сухого материала в  $t/m^3$ .

Среднее отклонение при этом для объемных влажностей до 15% не превышает 4%, что приемлемо для практических целей.

Величину коэффициента теплопроводности  $\lambda$  в зависимости от объемной влажности для туфов различных объемных весов можно определить по приведенной диаграмме (рис. 6).

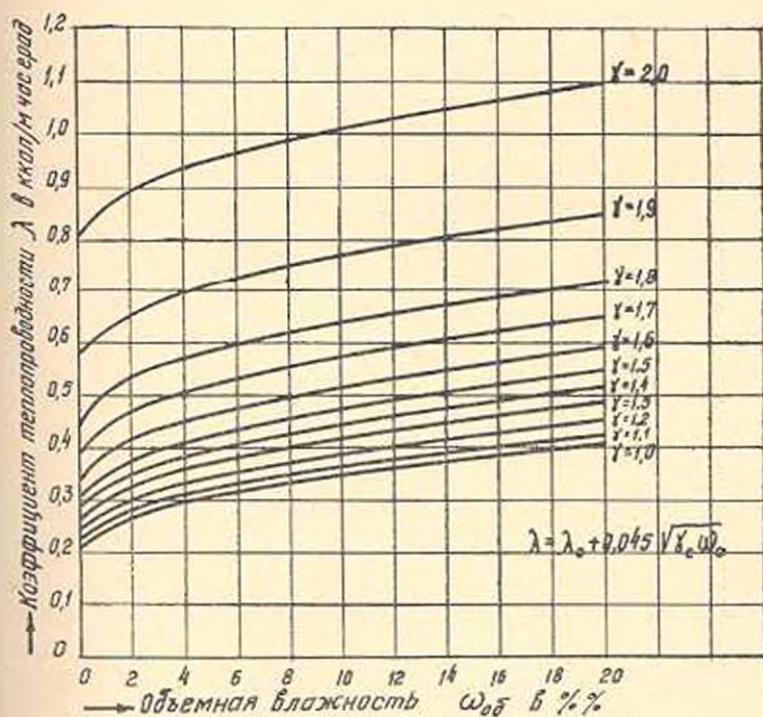


Рис. 6.

**Теплоемкость.** Теплоемкость тела характеризуется удельной  $c_p$  и объемной теплоемкостью ( $c_v$ ).

Значение удельной теплоемкости приведено на рис. 4. Для некоторых расчетов при определении температуропроводности и теплоусвоения характерной является не удельная, а объемная теплоемкость. С увеличением влажности удельная и объемная теплоемкость материалов возрастает. Эта зависимость, с точностью в пределах измерений, для строительных материалов выражается прямой линией. Увеличение объемной и удельной теплоемкости с повышением влажности объясняется влиянием воды, имеющей теплоемкость, намного превышающую теплоемкость сухого материала. Строго говоря, эта зависимость не является линейной, ибо, как было выше указано, сорбционная связанная вода имеет меньшую теплоемкость, чем свободная вода. Однако существующие методы определения коэффициентов теплоемкости строительных материалов пока не дают возможности более точно установить степень этой зависимости.

Обработка опытных данных показывает, что зависимость удельной теплоемкости от весовой влажности материалов может быть выражена формулой:

$$c_{уд} = c_0 + 0,07 w_b \frac{\text{ккал}}{\text{кг град.}} \quad (7)$$

где  $c_0$  — удельная теплоемкость сухого материала;

$w_b$  — весовая влажность в процентах.

Величины  $c_0$  для различных типов туфов приведены в табл. 5.

**Коэффициент температуропроводности.** Коэффициент температуропроводности ( $a$ ), имеющий размерность  $\text{м}^2/\text{час}$ , характеризует скорость распространения температуры в материале в условиях нестационарного теплового режима. Он необходим при теплотехнических расчетах, связанных с нагреванием или остыванием материалов ограждающих конструкций. Коэффициент температуропроводности связан с коэффициентом теплопроводности  $\lambda$ , теплоемкости  $c$  и объемным весом материала  $\gamma$  следующим соотношением:

$$a = \frac{\lambda}{c\gamma} \frac{\text{м}^2}{\text{час}} \quad (3)$$

Метод теплового импульса, примененный в наших исследованиях, позволяет непосредственно определить коэффициент температуропроводности из одного кратковременного опыта. Однако следует отметить, что на точность измерения чувствительным образом действует точность измерения  $r_1$  [см. формулу (2)], расстояние между датчиком и термопарой. Так, например, ошибка измерения на 0,25 мм ведет к искажению величины коэффициента температуропроводности, что является одним из недостатков данного метода. При измерении расстояния оптическими средствами возможно устранить этот недостаток.

На рис. 5 и в табл. 6 приведены значения коэффициента тем-

перитуропроводности  $\alpha$  для различных типов туфовых камней, как в сухом, так и при различных влажностях материалов.

Анализируя полученные данные, можно заметить, что с увеличением влажности от 0 до 4—8% по объему коэффициент температуропроводности возрастает, а затем убывает так, что кривая зависимости  $\alpha$  от  $\omega$  имеет максимум. Эта закономерность наблюдается для всех видов туфов. Как указывается в трудах А. В. Лыкова [1, 5], полученный максимум соответствует переходу от одной формы связи поглощенного вещества с телом скелета к другой форме и для некоторых капиллярно-пористых тел этот максимум совпадает с максимумом кривой, характеризующей изменение термоградиентного коэффициента влажности. Согласно А. В. Лыкову, это свидетельствует о влиянии переноса вещества на термические коэффициенты влажных тел.

Отсутствии коэффициентов переноса влаги для туфовых камней не дает пока возможности установить расчетным путем степень влияния переноса вещества на зависимость температуропроводности от влажности.

Получение максимума на кривой зависимости  $\alpha$  от  $\omega$  может быть объяснено еще из рассмотренного соотношения (3). Коэффициент температуропроводности зависит от отношения коэффициента теплопроводности к теплоемкости материала. При малых влажностях до 4—6% коэффициент теплопроводности растет более интенсивно, чем теплоемкость материала: этому пределу соответствует рост коэффициента температуропроводности. Уменьшение значений коэффициента температуропроводности по достижении материалами влажности более 6% вызвано уменьшением интенсивности возрастания коэффициента теплопроводности при этих влажностях.

Полученные опытные величины для туфов с нулевой влажностью показывают, что большим значениям объемных весов соответствуют более высокие значения коэффициентов температуропроводности.

Армянский НИИ  
стройматериалов и сооружений

Поступило 29.XI 1959

Ա. Գ. ՉԻՆՊՅԱՆ

ՏՈՒՅԱԷՍՈՒՆԻ ԶԵՐՄԱՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԳՈՐԾԱԿԻՑՆԵՐԻ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա Վ Փ Ո Փ Ն Ա Վ

Հողագծում լերված է Անիի, Արթիկի, Երևանի, Բյուրականի հանքավայրերի տուֆերի, ինչպես և ֆելզիտային տուֆի ջերմահաղորդականության և տեսակարար ջերմունակության  $c$  և ջերմատարձանահաղորդականության  $\alpha$  գործակիցների փորձնական եղանակով որոշման մեխոդիկան և արդյունքները:

Հեղինակի կողմից փորձնական արդյունքների հիման վրա առաջարկվում է ջերմահաղորդականության գործակցի որոշման (6) էմպիրիկ բանաձևը կախված ծախսային խոնավությունից:

Տոֆերի սևոսկարար ջերմունակության կախումը կշռային խոնավությունից արտահայտված է (7) բանաձևով:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Лыков А. В. О термических коэффициентах влажных теплоизоляционных материалов. Журнал «Теплоэнергетика», № 9, 1954.
2. Вишневецкий Е. Е. Импульсный метод определения термических характеристик влажных материалов. «Труды НИКФИ», вып. 2125, 1958.
3. Кауфман Б. Н. Теплопроводность строительных материалов. М., 1955.
4. Франчук А. У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов. Стройиздат, 1949.
5. Лыков А. В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах, Энергоиздат, 1984.
6. Кондратьев Г. М. О влиянии влажности на теплопроводность некоторых теплоизоляторов и грунтов. Сборник статей ЛИТМИО, вып. 12, 1954.
7. Андрианов П. И. Труды Института мерзлотоведения, АН СССР, 1946.
8. Ацагорцян Э. А. Исследование некоторых факторов долговечности вулканических туфов Сб. статей, Строительство из естественных каменных материалов, 1958.