

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ.
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՒՆԳԻՒՆ

Աղոնց Հ. Տ. (պատ. խմբագրի տեղակալ), Ահանյան Ա. Կ.,
Գառնարյան Ա. Ս., Եղիազարյան Ի. Վ., Կասյան Բ. Վ., Խոսրով-
վերյան Վ. Մ., Նուգարով Ա. Գ. (պատ. խմբագիր), Սիմո-
նով Մ. Զ., Փինաջյան Վ. Վ. (պատ. քարտուղար)։

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Абонц Г. Т. (зам. отв. редактора), Анян А. К., Гаспа-
рян А. М., Егизаров И. В., Касьян М. В., Назаров А. Г.
(отп. редактор), Пинаджян В. В. (отв. секретарь), Симо-
нов М. З., Худавердян В. М.

А. К. АНАНИ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА

Из многочисленных вопросов руслообразования остановимся на частной задаче получения расчетных зависимостей для построения продольного профиля реки при изменении по времени высотного положения базиса эрозии. Решение частной практической задачи сводится к установлению продольного профиля русла реки при непрерывном понижении высоты ее базиса эрозии.

На обнаженных из-под вод озера Сепан землях происходят новые процессы руслообразования, которые имеют место и в настоящее время в связи с продолжающимся спуском уровня озера.

Новые процессы руслообразования выражаются боковой и донной эрозией, которые особенно интенсивно протекают на обнаженной из-под воды территории. На рис. 1 для примера показаны профили

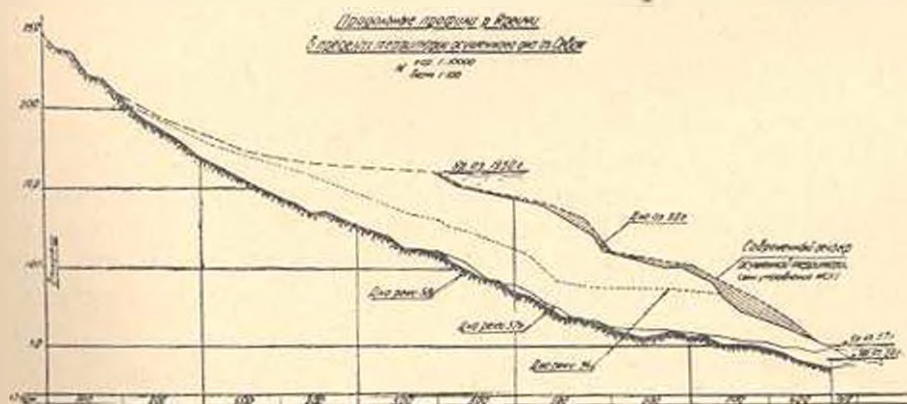


Рис. 1. Продольные профили русла реки в зависимости от высоты базиса эрозии.

одного из притоков озера, снятые инструментальной съемкой в различные периоды времени. На рис. 2 показан план этой же реки в соответствующий период времени. Из рис. 1, 2 видно в каких размерах выражаются новые процессы руслообразования в связи с понижением базиса эрозии. Однако можно отметить, что более интенсивно протекает процесс данной эрозии, а именно, врезание рек в глубь местности и стремление установить равновесное положение в соответствии с данным уровнем озера. Необходимо отметить, что новые процессы

руслообразования распространяются довольно далеко от устья рек и захватывают участки довольно большой длины. Требуется установить картину продольного профиля русла реки, при условии непрерывного (по произвольно заданному закону) подъема или опускания ее устья. Аналогичная картина может иметь место и для рек, на которых построены водохранилища, уровень которых меняется в зависимости от срабатываемого объема.

В работах [1, 2] изложены решения поставленной выше задачи в предположении, что ширина реки и гранулометрический состав грунтов, из которых сложено русло — постоянные величины. В настоящей



Рис. 2. План русла реки в зависимости от перемещения базиса эрозии

работе мы исследуем продольный профиль русла без указанных выше ограничений. Поставленная задача приближенно решается при совместном использовании следующих уравнений:

1) Уравнение неразрывности твердого стока

$$\frac{\partial (Gb)}{\partial x} + \frac{\partial (bz)}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

где $G(x, t)$ — расход твердых частиц (взвешенных и донных наносов) на единицу ширины русла, $b(x, t)$ — ширина реки, $z(x, t)$ — высота расположения русла реки над условно взятой горизонтальной плоскостью. Ось x -ов принимается направленной по течению потока, t — время.

2) Уравнения неравномерного движения жидкости

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial x} = - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{2g m^2} \right) - \frac{U^2}{C^2 h}, \quad (2)$$

где h — глубина потока, Q — руслоформирующий расход, который для упрощения задачи принимается постоянным, m — площадь живого сечения потока, U — средняя скорость потока, C — коэффициент сопротивления подвижного русла.

Таким образом, мы имеем два уравнения с четырьмя неизвестными, если принимать, что C — не меняется по длине русла. Дополнительные уравнения мы устанавливаем используя методы теории подобия и размерностей [3, 4].

3. Уравнения транспортирующей способности потока [3]

$$Gb = Qs_p \frac{Q \tau \left(\frac{d}{h} \right) i \sqrt{g h i}}{\pi \kappa \omega} = A h^2 \left[- \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial x} \right) \right]^{0,21} \quad (3)$$

$i = - \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial x} \right)$ — уклон свободной поверхности потока, $z = \frac{\rho_s - \rho}{\rho}$ — относительная плотность частиц наносов, ω — гидравлическая крутизна, κ — постоянная Кармана, $\tau \left(\frac{d}{h} \right)$ — поправочный коэффициент.

Пропорциональность транспортирующей способности потока четвертой степени средней скорости потока экспериментально доказана многочисленными исследованиями. Поэтому структуру формулы по транспортирующей способности потока, приведенную в работах [3–4], можно считать близкой к истине.

4) Морфометрическая зависимость для ширины русла [3]:

$$b = \beta Q i_0^x d^z, \quad (4)$$

где Q — руслоформирующий расход, $i_0 = - \frac{\partial z}{\partial x}$ — уклон дна русла, d — средний диаметр фракций тех донных наносов, которые принимают активное участие в деформациях русла.

Согласно анализу размерностей будем иметь

$$\frac{b}{d} = \beta \left(\frac{Q}{d^2 \sqrt{g d i}} \right)^x. \quad (5)$$

На рис. 1 приведены результаты многочисленных натурных и модельных опытов по исследованию руслообразования и обработанные сотрудниками Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР М. Похсрабяном. Как видно, структура уравнения (5) довольно удовлетворительная, так как она одинаково применена как к модельным рекам (микрорекам), так и к большим. Из рис. 1 видно, что $\beta = 2.7$, $x = 0.42$. Необходимо отметить, что численные значения этих коэффициентов почти совпадают с данными М. Великанова [3].

С учетом данных рис. 1 уравнение (5) можно представить в следующем виде:

$$b = 2.7 g^{-0.21} Q^{0.42} d^{-0.66} \left(- \frac{dz}{dx} \right)^{0.21} = k d^{-0.66} \left(\frac{dz}{dx} \right)^{-0.21}. \quad (6)$$

Для общности решения задачи принимаем, что средний размер фракций донных наносов, которые принимают активное участие в процессе руслообразования, меняется по длине реки по некоторому закону.

Примем, например, экспоненциальный закон:

$$d = d_0 e^{-\alpha x}, \quad (7)$$

Система уравнений (1, 2, 3, 6, 7) является замкнутой.

Таким образом, исследование продольного профиля реки сводится к решению указанной выше системы уравнений. Совместное применение этих уравнений очевидно, так как подъем и опускание дна реки может произойти вследствие заиления и размыва ее русла, что определяется транспортирующей способностью потока в данном створе. С другой стороны, деформация русла влияет и на характер движения жидкости и обратно. В общем случае движения жидкости в деформирующихся руслах будет неравномерным (волновое движение исключается, так как паводок на реках Севанского бассейна во времени изменяется довольно медленно).

Будем считать, что в каждом створе, в каждый момент времени проходит тот твердый расход, который соответствует транспортирующей способности потока в этом створе и в этот момент времени. Очевидно, это будет иметь место в том случае, когда осаждение или подъем частиц со дна реки произойдет в промежуток времени, очень малый по сравнению с общей продолжительностью всего рассматриваемого процесса.

Для облегчения дальнейших преобразований выражение $\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)^4$ $\frac{\partial z}{\partial x}$ линеаризируем на участке русла реки, уклон которого меняется от минимального i_1 до максимального i_2 . Используя известные интерполяционные формулы [3], будем иметь:

$$i = C_1(i_2 - C_2), \quad C_1 = \frac{i_2^3 - i_1^3}{i_2 - i_1}, \quad C_2 = -i_1 + \frac{i_1^3}{C_1} \quad (8)$$

После совместного решения уравнений (1, 2, 3, 6, 7) с учетом (8) и отбрасывая величины второго порядка малости $\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)^2$ и $\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}$, получим для $z(x, t)$ следующие уравнения:

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + mz \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial t} + p \frac{\partial z}{\partial x} + q \frac{\partial z}{\partial t} + D = 0, \quad (9)$$

где

$$m = - \frac{0,42h^{0,5}(b^{1,2}d^{0,05}k^{-1})^{4,75}}{AC_1\Delta} \left(1 - \frac{Q^2}{gb^2h^3}\right); \quad (10)$$

$$p = - \frac{-C_2 \frac{Q^2}{C^2b^2h^3} + \frac{0,05Q^2\alpha}{gb^2h^2} + \left(\frac{k}{bd_{cp}^{0,05}}\right)^{4,75}}{\Delta}; \quad (12)$$

$$q = - \frac{2\left(bh^{0,5} - \frac{Q^2}{gbh^{2,5}}\right)}{AC_1\Delta}; \quad (11)$$

$$D = \frac{C_2 \left(\frac{Q}{Cb^2 h^3} \right) - \left(\frac{0,05 Q \alpha}{gb^2 h^3} \right)}{\Delta}; \quad (13)$$

$$\Delta = 2h - \frac{2,2Q^2}{gh^2 b^3} - \frac{0,2C_2 Q^{0,45} d_{cp}^{0,55}}{gh^2 b^{2,75}}. \quad (14)$$

Уравнение (9) решаем при следующих граничных и начальных условиях:

$$z(0, t) = z_n - v_n t, \quad z(l, t) = z_k - v_k t, \quad z(0, x) = z(x). \quad (15)$$

z_n и z_k — отметки начального и конечного участков реки в момент времени $t = 0$, v_n и v_k — скорости опускания или поднятия дна в этих же створах $z(x)$ — уравнение продольного профиля русла в начальный момент времени.

Для линеаризации уравнения (9) примем следующие обозначения:

$$z(x, t) = z_0 + y(x, t). \quad (16)$$

z_0 — превышение конечного створа реки под произвольно взятой горизонтальной плоскостью, $y(x, t)$ — переменная величина z_0 всегда можно выбрать так, чтобы $\frac{y}{z_0} \ll 1$. С учетом (16) уравнение (9) можно представить в следующем виде:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + m z_0 \frac{\partial^2 y}{\partial x \partial t} + p \frac{\partial y}{\partial x} + q \frac{\partial y}{\partial t} + D = 0. \quad (17)$$

Коэффициенты m , p , q и D мало отклоняются от своих средних значений, поэтому в первом приближении считаем их постоянной величиной.

Уравнение (17) решаем методами операционного исчисления. Окончательный результат решения уравнения (9) при граничных и начальных условиях (15) получается очень громоздкий. Ниже приводится приближенное выражение этого решения.

$$\begin{aligned} z(x, t) = & Ax^2 + Bx + E - \frac{2Ap}{q} tx + \\ & + \frac{2Apmz_0}{q^2} t + \frac{Ap^2}{q^2} t^2 - \frac{2A + Bp + D}{q} t - \\ & - \left(v_n t + \frac{Ap^2}{q^2} t^2 + \frac{2Apmz_0}{q^2} t - \frac{2A + Bp + D}{q} t \right) e^{-px} \frac{\text{sh} \frac{l-x}{2} p}{\text{sh} \frac{lp}{2}} - \\ & - \left(v_k t - \frac{2Apl}{q} t + \frac{Ap^2}{q^2} t^2 + \frac{2Apmz_0}{q^2} t - \right. \\ & \left. - \frac{2A + Bp + D}{q} t \right) e^{-\frac{l-x}{2} p} \frac{\text{sh} \frac{px}{2}}{\text{sh} \frac{pl}{2}} + 0(\delta). \end{aligned} \quad (18)$$

где через $O(\beta)$ обозначены те члены решения уравнения (9), которые здесь не приведены ввиду их громоздкости. Необходимо отметить, что эти члены выражаются в виде быстро сходящихся рядов. Расчеты показали, что если на модели время, в течение которого происходит опускание базиса эрозии реки, взять равным нескольким часам, то

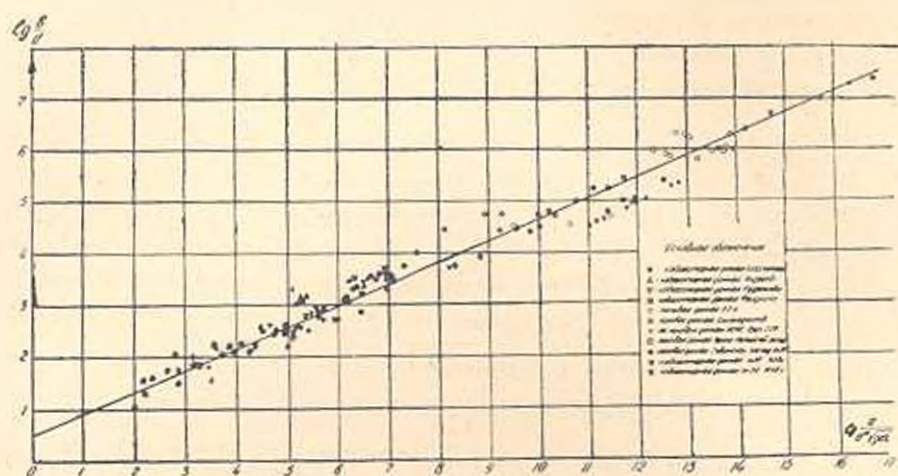


Рис. 3. Морфометрическая зависимость для ширины русла реки (М. Похосарян).

слагаемое $O(\beta)$ составляет лишь 1—3% от той суммы, общее выражение которой дается формулой (18). На рис. 4 приведены продольные русла реки, полученные в лабораторных условиях при понижении базиса эрозии.

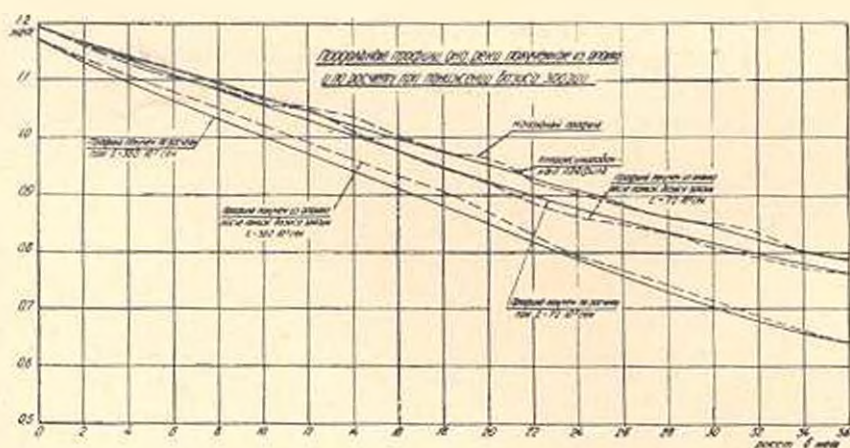


Рис. 4. Сопоставление продольных профилей полученные из опыта в лабораторных условиях и по расчету.

Для сопоставления результатов теоретических расчетов с данными опытов решим два примера.

На рис. 4 пунктирной линией показаны продольный профиль реки,

полученный в лабораторных условиях. Для начального момента времени ($t=0$) профиль будем считать заданным. Ширина реки меняется от 0,6 до 0,9 м и удовлетворяет на различных элементарных участках морфометрической зависимости (5). Результаты морфометрического анализа приведены на рис. 3.

Расчетные данные для этой реки таковы:

$$\begin{aligned} Q &= 0,007 \text{ м}^3/\text{сек} & h_{np} &= 0,03 \text{ м} & i_1 &= 0,0097 \\ i_2 &= 0,0126 & d_n &= 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ м} & \alpha &= 2,15 \\ C &= 18 \text{ м/сек} & v_n &= 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ м/сек} \\ v_k &= 3,6 \cdot 10^{-7} \text{ м/сек} & L &= 0,33 \text{ м/сек} \end{aligned}$$

Задача ставится следующим образом.

Требуется построить продольный профиль реки, который она будет иметь в момент времени t , если известны характеристики потока и русла в начальный момент времени и скорость опускания базиса эрозии реки. Задано также, что гранулометрический состав грунтов по длине реки меняется по экспоненциальному закону.

Решение задачи ведется в следующей последовательности. Начальный профиль реки аппроксимируем соответствующей кривой для получения функции $\varphi(x)$. Этот профиль пунктирной линией показан на рис. 4. В результате аппроксимирования получаются следующие численные значения коэффициентов:

$$A = 0,608 \cdot 10^{-4}, \quad B = -0,136 \cdot 10^{-4}, \quad E = 1,19.$$

Затем, при заданных выше исходных данных, по формулам (10)–(14) определяем коэффициенты $p = -0,058 \text{ м}^{-1}$, $\sigma q = -422 \text{ сек/м}$, $m = -6958 \text{ сек/м}^3$ и $D = 0,114 \cdot 10^{-2} \text{ м}^{-1}$.

По этим данным по формуле (18) рассчитан продольный профиль реки для любого момента времени при заданном законе понижения базиса эрозии.

Для примера определим продольный профиль русла для двух последующих моментов времени $t_1 = 72 \cdot 10^3 \text{ сек}$ и $t_2 = 360 \cdot 10^3 \text{ сек}$.

Соответствующие расчетные формулы примут следующий вид:

$$\begin{aligned} z(x, 72 \cdot 10^3) &= 0,608 \cdot 10^{-4} x^2 - 0,0148x + 1,25 - \\ &- 0,061 e^{0,029x} \frac{\operatorname{sh}\left(18 - \frac{x}{2}\right) 0,058}{\operatorname{sh} 1,044} - 0,042 e^{-\left(18 - \frac{x}{2}\right)} \frac{\operatorname{sh} 0,029x}{\operatorname{sh} 1,044}; \quad (19) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z(x, 360 \cdot 10^3) &= 0,61 \cdot 10^{-4} x^2 - 0,9195x + 1,62 - \\ &- 0,45 e^{0,029x} \frac{\operatorname{sh}\left(18 - \frac{x}{2}\right) 0,058}{\operatorname{sh} 1,044} - 0,36 e^{-\left(18 - \frac{x}{2}\right)} \frac{\operatorname{sh} 0,029x}{\operatorname{sh} 1,044}. \quad (20) \end{aligned}$$

Результаты расчетов, выполненных по формулам (19) и (20), приведены на рис. 4. На этом же рисунке показаны продольные профили реки, полученные из опыта для соответствующих моментов времени t_1 и t_2 . Аналогичные расчеты выполнены и для дру-

гих опытов. Результаты этих расчетов, в том числе и для натуральных продольных профилей, будут опубликованы в других работах автора.

На основании выполненных расчетов можно отметить, что уравнение (9) удовлетворительно выражает главные характеристики процесса руслообразования (продольный профиль). При этом следует учесть, что проблема руслообразования очень сложная, и мы получили решение задачи в первом приближении. Необходимо отметить, что в ранее опубликованных работах [1] и [2] аналогичные расчеты



Рис. 5. р. Дзнкагел. Обнаженная и разрушенная опора моста на шоссейной дороге.

выполнялись при условии $b = \text{const}$ и $d = \text{const}$. Из этих же опубликованных работ видно, что расчетные продольные профили получаются, в основном, в виде прямых линий.

При условии $b = \text{const}$ и $d \neq \text{const}$ продольные профили получаются в виде кривых линий, что ближе к действительности. Кривизна этих линий зависит от степени изменчивости d и b , а также от других гидравлических характеристик потока.

В заключение считаю своим долгом отметить, что приведенные выше расчеты выполнялись научными сотрудниками Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР Р. Дарбиняном и Р. Аветисяном.

Ա. Կ. ԱՆԱՆՅԱՆ

ՀՈՒՆԱԿԱԿԱՆՄԱՆ ՊՐԱԿՏԻԿԱԿԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՄԵՓՈՒԼԱԿԱՆ ՀԱՐՑԵՐ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Հողվածում տրվում է հունակազմման պրոցեսների անալիզը, որը կապված է գետերի բաղադրիչ իջնացման հետ: Այդ խնդրի լուծման անհրաժեշտությունը թելադրվում է ներկայումս Մեծնա լիճը թափվող գետերի վրա տարվող շինարարական աշխատանքների հետ:

Ինչպես հայտնի է, լճի հորիզոնը ծառայում է բազիս երեզիտ նրա մեջ թափվող գետերի համար: Ներկայումս լճի հորիզոնը իջել է 11 մետր: Դրա հետևանքով ազատված տեղանքով հոսող գետերը առաջացրել են նոր հուններ, պահանջվում է որոշել ինչ գեոֆորմացիաներ (հատակային նյութային) տեղի կունենա ներկայիս գետերի հուններում, եթե լճի հորիզոնը շարունակվի իջնել: Այդ խնդրի լուծումը իրականացվում է հետևյալ հինգ համասարումների համառոտ լուծումով. 1) հունի գեոֆորմացիայի, 2) հեղուկի անհամասարաչափ շարժման, 3) կոշտ լճի տեղափոխման, 4) մորֆոմիտիզմի և 5) հունի հատակը կազմող ավազների հատիկների փոփոխման համասարումների պնդությունը: Ելքից համասարումները որոշ ձևափոխումներից հետո (զեն են դրված երկրորդ կարգի փոքր մեծությունները) բերվում են (Ս) համասարմանը: Այդ համասարման մեջ մտնող անհայտը հունի ընդերկայնական կտրվածքն է $Z(X, l)$:

Վերոհիշյալ համասարումը լուծված է որոշ նախնական և սկզբնական պայմանների համար, որոնք ներկայացված են (1-5) համասարումների օգնությամբ: (Ս) համասարման մոտամոր լուծումը բերված է (18) բանաձևում: Ստացված բանաձևերի օգնությամբ կատարված հաշվարկները համեմատված են լաբորատոր պայմաններում կատարված հունակազմման պրոցեսների հետ:

Հունային պրոցեսների հետազոտման համար լորքի լաբորատորիայում կառուցվել է հասուկ մոդել $90 \times 10 \times 1,5$ մետր չափերով: Այդ մոդելի վրա լիճը ներկայացված է ջրամբարի օգնությամբ, որի մ:քըսիմալ խորությունը հասնում է 1,5 մետրի: Ջրի տակի տեղանքը (հաշված նախկին հորիզոնից մինչև լճի լիցքումը) կառուցվել է տեղում եղած ավազներից բաղադրված լորքանի և երկրաբանական հետազոտությունների ավարտներով:

Հունակազմման նոր պրոցեսները լաբորատորիայում առաջարկվել են ալն ձևով, ինչ ձևով որ նրանք տեղի են ունեցել և ունենում են բնական պայմաններում: Ջրի լիցքերը մոդելի վրա տրվել են ամեն մի տարվան համապատասխանող հիդրոգրաֆների համաձայն: Մոդելացումը կատարվել է (1-4) համասարումների օգնությամբ:

Տեսական հաշվարկներով և փորձնական ճանապարհով դրսևված հունների ընդերկայնական կտրվածքները համընկել են բավարար չափով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ананиян А. К. Расчет продольного профиля русла реки при непрерывном изменении ее базиса эрозии. «Известия АН Армянской ССР», сер. техн. н., т. XII, № 3, 1959.
2. Ананиян А. К. Об устойчивом продольном профиле русла реки. «Известия АН Армянской ССР» - сер. техн. н., т. XII, № 1, 1959.
3. Валиханов М. К. Русловой процесс. Гос. изд. физ.-мат. литературы, 1958.
4. Езнатаров Н. В. Транспортирующая способность открытых потоков. «Известия АН СССР», ОТН, № 3, 1956.

ГИДРАВЛИКА

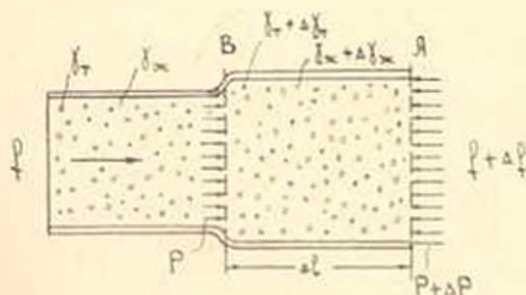
В. О. ТОКМАДЖЯН

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР В ТРУБАХ ПРИ ДВИЖЕНИИ
 ДВУХФАЗНОЙ ЖИДКОСТИ

В последние годы, в связи с широким применением случаев движения двухфазной жидкости с большей концентрацией твердых частиц (гидротранспорт и т. д.), выявилась необходимость исследования гидравлического удара в трубах для двухфазной жидкости. Обычно гидравлический удар в трубах при гидротранспорте получается в случае закупорки трубопровода.

Попытаемся определить расчетные параметры гидравлического удара в трубах при движении двухфазной жидкости, используя метод исследования Н. Е. Жуковского для однофазной жидкости [1].

Рассмотрим двухфазную жидкость (жидкость и твердые частицы). Объемная доля твердых частиц в смеси обозначим s , тогда $1-s$ будет доля жидкости. Вблизи образованной пробки концентрация сильно увеличивается, но это происходит на очень коротком расстоянии, и нам кажется, что за расчетную можно принять первоначальную концентрацию. Принимаем, что все частицы второй фазы увлекаются потоком, т. е. в трубе нет осадка. Для определения повышения давления, которое возникает при ударе в случае мгновенного перекрытия трубы, рассмотрим явления у закрытого конца трубопровода (см. рисунок). За время Δt , после возникновения удара, прекратится движение дисперсона, повысится давление на длине $\Delta l = C_x \cdot \Delta t$ (где C_x — скорость распространения удара в дисперсоне). В отсеке AB давление будет повышено на величину Δp , скорость движения будет нуль, стенки трубы будут деформированы, жидкость и твердые частицы также будут деформированы. На границе B еще будет нормальное давление p и скорость V .



Воспользуемся законом количества движения. Сумма проекции импульсов внешних сил на ось трубы будет:

$$[f(p + \Delta p) - fp] \Delta t = \Delta p \cdot f \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где f — площадь поперечного сечения трубы.

Приращение количества движения будет равно количеству движения той движущейся массы дисперсоида, которая оказалась в отсеке AB до удара, и количеству движения поступающей массы за время Δt , т. е.

$$\frac{\gamma_r s + (1-s) \gamma_m}{g} [fV \cdot C_s \Delta t + fV^2 \Delta t]. \quad (2)$$

Индекс (ж) относится к жидкой — первой фазе, индекс (т) к твердой — второй фазе. γ — объемный вес. V — скорость движения дисперсоида. $[\gamma_r s + (1-s) \gamma_m]$ — объемный вес дисперсоида.

Вторым членом в ур. (2) (в скобке) можно пренебречь как сравнительно малой величиной. Приравнявая (1) и (2) получим:

$$\Delta p = \frac{[\gamma_r s + (1-s) \gamma_m] V C_s}{g}$$

или

$$\frac{\Delta p}{[\gamma_r s + (1-s) \gamma_m]} = \frac{V \cdot C_s}{g}, \quad (3)$$

т. е. повышение давления, выраженное высотой столба дисперсоида, определяется по формуле Н. Е. Жуковского, как для однофазной жидкости.

Для определения скорости распространения ударной волны напишем баланс масс для отсека AB за время Δt . Вследствие увеличения давления в отсеке AB увеличиваются: площадь сечения трубы (на Δf), плотность жидкости (на $\frac{\Delta \gamma_r}{g}$) и плотность твердых частиц (на $\frac{\Delta \gamma_m}{g}$). Таким образом, изменение массы в отсеке AB будет:

$$\Delta M = C_s \Delta t \left\{ (f + \Delta f) \left[\frac{\gamma_r + \Delta \gamma_r}{g} s + \frac{\gamma_m + \Delta \gamma_m}{g} (1-s) \right] - f \left[\frac{\gamma_r}{g} s + \frac{\gamma_m}{g} (1-s) \right] \right\}. \quad (4)$$

Это приращение массы должно равняться поступающей массе в отсек за время Δt , т. е.

$$\left[\frac{\gamma_r}{g} s + \frac{\gamma_m}{g} (1-s) \right] f V \Delta t. \quad (5)$$

Приравнявая (4) и (5), получим:

$$\left[\frac{\gamma_r}{g} s + \frac{\gamma_k}{g} (1-s) \right] f V \Delta t = C_2 \Delta t \left[f \frac{\gamma_r}{g} s + f \frac{\Delta \gamma_r}{g} s + f \frac{\gamma_k}{g} (1-s) + \right. \\ \left. + f \frac{\Delta \gamma_k}{g} (1-s) + \Delta f \frac{\gamma_r}{g} s + \Delta f \frac{\Delta \gamma_r}{g} s + \Delta f \frac{\gamma_k}{g} (1-s) + \right. \\ \left. + \Delta f \frac{\Delta \gamma_k}{g} (1-s) - f \frac{\gamma_r}{g} s - f \frac{\gamma_k}{g} (1-s) \right] \quad (6)$$

Определяя значение V из (3) и подставляя в (6), получим:

$$\frac{\Delta p}{C_2} f = C_1 \left[f \frac{\Delta \gamma_r}{g} s + f \frac{\Delta \gamma_k}{g} (1-s) + \Delta f \frac{\gamma_r}{g} s + \Delta f \frac{\Delta \gamma_r}{g} s + \right. \\ \left. + \Delta f \frac{\gamma_k}{g} (1-s) + \Delta f \frac{\Delta \gamma_k}{g} (1-s) \right] \quad (7)$$

Пренебрегая $s \Delta f \frac{\Delta \gamma_r}{g}$ и $(1-s) \Delta f \frac{\Delta \gamma_k}{g}$, как малыми величинами второго порядка, после некоторых преобразований получим:

$$\frac{\Delta p}{C_2} = \frac{C_1 \gamma_k}{g} \left[\frac{\Delta \gamma_r}{\gamma_r} \frac{\gamma_r}{\gamma_k} s + \frac{\Delta \gamma_k}{\gamma_k} (1-s) + \frac{\Delta f}{f} \frac{\gamma_r}{\gamma_k} s + \frac{\Delta f}{f} (1-s) \right] = \\ = \frac{C_1 \gamma_k}{g} \left[s \frac{\gamma_r}{\gamma_k} \left(\frac{\Delta \gamma_r}{\gamma_r} + \frac{\Delta f}{f} \right) + (1-s) \left(\frac{\Delta \gamma_k}{\gamma_k} + \frac{\Delta f}{f} \right) \right] \quad (8)$$

Учитывая упругие свойства стенки трубопровода, жидкости и твердых частиц, определим относительные изменения площади трубы $\frac{\Delta f}{f}$, плотностей жидкости $\frac{\Delta \gamma_k}{\gamma_k}$ и твердых частиц $\frac{\Delta \gamma_r}{\gamma_r}$.

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\pi D \left(\frac{\Delta D}{2} \right)}{\pi \frac{D^2}{4}} = 2 \frac{\Delta D}{D} \quad (D - \text{диаметр трубы})$$

$\frac{\Delta D}{D} = \frac{\sigma}{E_\sigma}$ — дополнительное относительное удлинение периметра трубы, вызванное ее деформацией, благодаря добавочному повышению давления на Δp .

$\sigma = \frac{\Delta p \cdot D}{2\delta}$ — дополнительное напряжение в стенке трубы. δ — толщина стенки трубы. E_σ — модуль упругости материала трубы.

$\frac{\Delta \gamma_k}{\gamma_k} = \frac{\Delta p}{E_k}$ и $\frac{\Delta \gamma_r}{\gamma_r} = \frac{\Delta p}{E_r}$ — относительное изменение плотности жидкости и твердых частиц. E_k и E_r — модули упругостей для жидкости и твердых частиц.

Подставляя найденные величины в уравнение (6), получим:

$$\frac{\Delta p}{C_2} = C_1 \frac{\gamma_k}{g} \left[s \frac{\gamma_r}{\gamma_k} \left(\frac{\Delta p}{E_r} + \frac{D}{\delta} \frac{\Delta p}{E_\sigma} \right) + (1-s) \left(\frac{\Delta p}{E_k} + \frac{D}{\delta} \frac{\Delta p}{E_\sigma} \right) \right]$$

Отсюда и определяется значение C_d .

$$C_d = \sqrt{\frac{1}{\frac{\gamma_r}{g} \left(\frac{1}{E_r} + \frac{D}{\delta} \frac{1}{E_m} \right) s + (1-s) \left(\frac{1}{E_{ж}} + \frac{D}{\delta} \frac{1}{E_m} \right) \frac{\gamma}{g}}} \quad (9)$$

или в несколько ином виде:

$$C_d = \frac{\sqrt{\frac{E_{ж}}{\gamma_{ж}} g}}{\sqrt{\left(1 + \frac{D}{\delta} \frac{E_{ж}}{E_m} \right) + s \left[\frac{\gamma_r}{\gamma_{ж}} \frac{E_{ж}}{E_r} - 1 + \frac{D}{\delta} \frac{E_{ж}}{E_m} \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_{ж}} - 1 \right) \right]}} \quad (10)$$

Таким образом, выражение для скорости распространения ударной волны в трубах при движении двухфазной жидкости отличается от формулы Н. Е. Жуковского [для однофазной жидкости] добавочным членом и является более общим случаем.

Рассмотрим следующие частные случаи выражения (10):

1. При $s = 0$ или $\gamma_r = \gamma_{ж}$ и $E_r = E_{ж}$ получим формулу Н. Е. Жуковского

$$C_d = C = \frac{\sqrt{\frac{E_{ж}}{\gamma_{ж}} g}}{\sqrt{1 + \frac{D}{\delta} \frac{E_{ж}}{E_m}}} \quad (11)$$

2. При $\frac{D}{\delta} \frac{1}{E_m} = 0$, т. е. при бесконечно жесткой трубе

$$C_d = C_{од} = \frac{1}{\sqrt{\frac{\gamma_{ж}}{g} \frac{1}{E_{ж}} (1-s) + \frac{\gamma_r}{g} \cdot \frac{1}{E_r} s}} \quad (12)$$

т. е. скорость распространения звука в двухфазной среде.

3. При $\frac{D}{\delta} \frac{1}{E_m} = 0$ и $s = 0$

$$C_d = C_{ож} = \sqrt{\frac{E_{ж}}{\gamma_{ж}} g}, \quad (13)$$

т. е. скорость распространения звука в жидкости.

4. При $\frac{D}{\delta} \frac{1}{E_m} = 0$ и $s = 1$

$$C_d = C_{от} = \sqrt{\frac{E_r}{\gamma_r} g}, \quad (14)$$

т. е. скорость распространения звука в твердой фазе.

Имея в виду (11—14), выражение (9) можно написать в несколько ином виде, которое более удобно для анализа:

$$C_d = \frac{C}{\sqrt{(1-s) + s \left[\frac{C^2}{C_{от}^2} + \frac{\gamma_T}{\gamma_{ж}} \left(1 - \frac{C^2}{C_{ож}^2} \right) \right]}} \quad (15)$$

Отметим, что скорость C_d в зависимости от параметров твердой фазы изменяется: от увеличения E_T скорость C_d увеличивается, от увеличения γ_T скорость C_d уменьшается, причем отношение $\frac{C_d}{C}$ также зависит от жесткости трубы $\frac{C^2}{C_{ож}^2}$ и может быть больше и меньше единицы.

Ниже даются некоторые цифровые величины, полученные с помощью выведенных выше формул.

Наименование второй фазы	γ_T кг/м ³	E_T кг/м ²	$C_{от}$ м/сек	s	$\frac{C_d}{C}$	C_d	$\frac{\Delta P_d}{\Delta P}$
Кварцевый песок . . .	2650	$4 \cdot 10^9$	3850	0,151	1,032	1320	1,29
Стальные стружки . . .	7850	$2,1 \cdot 10^{10}$	5130	0,051	0,99	1290	1,33
Сосновые стружки . . .	800	$1 \cdot 10^9$	3510	0,5	1,25	1620	1,12

$$\gamma_{ж} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$E_{ж} = 2,07 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^2$$

$$E_m = 2,1 \cdot 10^{10} \text{ кг/м}^2$$

$$C_{ож} = 1425 \text{ м/сек}$$

$$C = 1296 \text{ м/сек}$$

Во всех трех случаях весовая концентрация принята равной 0,4.

В заключение отметим следующее:

1. Случаи гидравлического удара двухфазной жидкости (неполное закрытие, не прямой удар, отрицательный удар и т. д.) будут аналогичны удару однофазной жидкости.

2. Многочисленные числовые примеры (с возможными большими концентрациями, с разными материалами твердых частиц и жесткости труб) показали, что в большинстве случаев отношение $\frac{C_d}{C}$ довольно

близко к единице, и лишь в редких случаях отклонение превышает 10%. Это обстоятельство дает право считать, что в грубых расчетах можно принять ориентировочно $C_d = C$.

3. При выводе формул принимаются почти те допущения, которые приняты в формулах Н. Е. Жуковского (добавочно принимается линейный закон деформации твердых частиц). Несмотря на это, желательно было бы сравнить полученные нами выражения с результатами хорошо поставленных экспериментов.

4. В статье рассматривалась задача, когда твердая фаза взвешена и в трубе нет осадка. При наличии осадка необходимо совместное

рассмотрение условий взвешивания, донного влечения и их влияния на гидравлический удар, что чрезвычайно осложняет задачу. Однако, при допущении, что осадок остается неподвижным, аналогичным образом можно установить влияние осадка на параметры гидравлического удара.

Ереванский политехнический институт
им. Карла Маркса

Поступило 8.I 1960

Վ. Ն. ԹՈՒԿՄԱԶՅԱՆ

ՀԻԴՐԱՎԼԻԿԱԿԱՆ ՀԱՐՎԱԾԸ ԵՈՂՈՎԱԿՆԵՐՈՒՄ, ԵՐԿԵԱԶ
ՀԵՂՈՒԿԻ ՇԱՐՃՄԱՆ ԴԵՊՐՈՒՄ

Ա. Վ. Ի. Ո. Ի. Ն. Վ.

Հոդվածում ստացված են բանաձևեր հիդրավիկ հարվածի ալիքի տարածման արագության և ճնշման բարձրացման համար, երբ խողովակում ջարժվում է երկֆազ հեղուկ. բանաձևերի արտածումը կատարված է Ն. Ն. Ժուկովսկու մեթոդով և համարյա նույն բնդունելությունների համար, ինչ որ Ժուկովսկին կատարում է միաֆազ հեղուկի դեպքում:

Ճնշման բարձրացումը արտահայտված երկֆազ հեղուկի բարձրությունից որոշվում է միաֆազ հեղուկի ժամանակ ճնշման բարձրացման բանաձևով: Հարվածի ալիքի տարածման արագությունը կախված ֆազաների առաջնայինության մոդուլներից, ծավալային կշիռներից և խողովակի կշիռ-ստությունից կարող է մեծանալ կամ փոքրանալ, սակայն այս փոփոխությունը հիմնականում մեծ չափերի չի հասնում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Жуковский Н. Е. Собрание сочинений. Т. III, Гос.издат. тех.-теоретич. лит. М.—Л., 1949.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

А. А. АРАКЕЛЯН

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КАК КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА

В течение последних десятилетий теорией прочности бетонов занимались многие ученые [1—7] и, насколько нам известно, ни один из них не рассматривал бетон как капиллярно-пористый материал с целью установления непосредственной зависимости между его физико-механическими свойствами (прочность, водонепроницаемость—фильтрация, морозостойкость, теплопроводность и т. д.) и структурой его пор. В настоящей статье делается попытка установить подобную зависимость для прочности бетонов.

Структуру пор капиллярно-пористого материала следует характеризовать количественными и качественными показателями, без которых нельзя выявить закономерности, существующие между структурой и физико-механическими показателями капиллярно-пористых материалов.

Количественный показатель структуры пор (суммарная пористость) материалов устанавливается достаточно точно по удельному и объемному весам. При постоянном удельном весе материала этот показатель (пористость) можно заменить обратной величиной его плотности (объемного веса).

Качественный показатель структуры пор, т. е. характер пористости материала, выражается коэффициентом скорости капиллярной всасываемости (K), методика определения которого приведена в работе [8].

Приведенные нами предварительные опыты показали, что прочность капиллярно-пористого материала (R) можно выразить достаточно точно через количественные и качественные показатели структуры его пор формулой:

$$R = A \frac{\gamma}{K}, \quad (1)$$

где R — предел прочности капиллярно-пористого материала при сжатии кг/см^2 ;

γ — объемный вес в т/м^3 ,

K — коэффициент скорости капиллярной всасываемости, в $\text{см. мин}^{-1/2}$, установленный по направлению испытания материала на сжатие, по методике, приведенной в работе [8];

A — опытный коэффициент, характеризующий породу, в частности сила сцепления между ее частицами.

Опыт показал, что формула (1) дает хорошие результаты в отношении туфовых, пензовых [8] и других капиллярно-пористых камней. Известно, что бетоны и растворы являются сочетанием цементного камня и заполнителей. Растворы и бетоны, а также цементный камень в отдельности, представляют собой капиллярно-пористые материалы, поэтому к ним можно применить формулу (1).

Структура цементного камня такова, что подъем воды при одностороннем подсосе в атмосферной среде в зависимости от квадратного корня времени, как показал опыт [9], выражается прямой линией, между тем для растворов и бетонов указанная зависимость выражается криволинейно.

Это обстоятельство говорит о том, что имеется качественное отличие в структурах пор цементного камня и раствора, взятых в отдельности.

Такая разница в структурах цементного камня и раствора логична, так как в растворах, при наличии песка с большим количеством песчинок и суммарной их поверхности, капилляры цементного камня пересекаются песчинками во многих точках и вокруг песчинок создается много новых капиллярных ходов. В итоге все это резко меняет качество структуры цементного камня и раствора, сделав ее более извилистой. Между тем структура пор раствора, при переходе к бетону, путем добавления к нему крупного заполнителя—щебня, существенных качественных изменений не претерпевает по той причине, что количество щебенки и их суммарная поверхность настолько малы, что не могут внести качественные изменения в структуру раствора. Поэтому практически можно считать, что структуры раствора и бетона будут иметь почти одинаковый характер.

Из выражения (1) для расчета прочности цементного камня (R_k) после соответствующего преобразования [9], получена формула:

$$R_k = R_u \frac{\left(\frac{1}{\gamma_u} + K_{н.г.}\right) K_{н.г.}}{\left[\frac{1}{\gamma_u} + \left(\frac{B}{U}\right)_{yz}\right] \left(\frac{B}{U}\right)_{yz}}, \quad (2)$$

где R_u — активность цемента, установленная в жестких цементно-песчаных растворах в кг/см²;

$K_{н.г.}$ — водоцементное отношение, соответствующее нормальной густоте цементного теста;

$\left(\frac{B}{U}\right)_{yz}$ — отношение количества воды, удерживаемой цементным тестом, к количеству цемента.

На основании опытов [9] $\left(\frac{B}{U}\right)_{yz}$ отношение можно определить формулой (3).

$$\left(\frac{B}{C}\right)_{уд} = K_{н.г.} + \alpha \frac{\frac{B}{C} - K_{н.г.}}{1 - K_{н.г.}}, \quad (3)$$

где α — коэффициент водоудержания; для чисто цементного теста можно взять — 0,47 [9], а для цементного теста в растворах или бетонах по опытам, проведенным по методике [9], — 0,58.

Однако формулы (2) и (3) для вычисления прочности цементного камня несколько сложны, так как в формулу (2) величина $\left(\frac{B}{C}\right)_{уд}$, определяемая формулой (3), входит во второй степени.

С целью упрощения формул (2) и (3) были вычислены прочности цементного камня при нижеследующих значениях параметров формул (2) и (3).

Коэффициент нормальной густоты цемента:

$$K_{н.г.} = 0,2; 0,25; 0,30 \text{ и } 0,35.$$

Удельные веса цемента: $\gamma_{ц} = 2,8$ и 3,1. Коэффициент водоудержания цемента: $\alpha = 0,47$ и 0,58, истинное водоцементное отношение: $\frac{B}{C} = 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,25$ и 1,67.

Подсчеты показали, что прочность цементного камня (R_k) меняется очень мало при значениях удельных весов от 3,1 до 2,8. Между тем прочность цементного камня чувствительно меняется в зависимости от величины коэффициента нормальной густоты ($K_{н.г.}$) и коэффициента водоудержания (α) цемента.

На основании полученных данных построены графики зависимости $\frac{R_k}{R_n}$ от $\frac{C}{B}$ для каждого значения коэффициентов нормальной густоты ($K_{н.г.}$) и водоудержания (α) в отдельности.

На рис. 1а и 1б приводятся графики зависимости $\left(\frac{R_k}{R_n} \cdot \frac{C}{B}\right)$ только для двух крайних значений коэффициентов нормальной густоты цемента 0,2 и 0,35.

На основании графического выражения зависимости $\left(\frac{R_k}{R_n} \cdot \frac{C}{B}\right)$ прочность цементного камня можно выразить следующими линейными зависимостями:

Для чистого цементного камня — $\alpha = 0,47$

$$R_k = \frac{R_n}{\frac{1}{K_{н.г.}} - K_{н.г.}} \left(\frac{C}{B} - K_{н.г.} \right), \quad (4)$$

для цементного камня в растворе — $\alpha = 0,58$

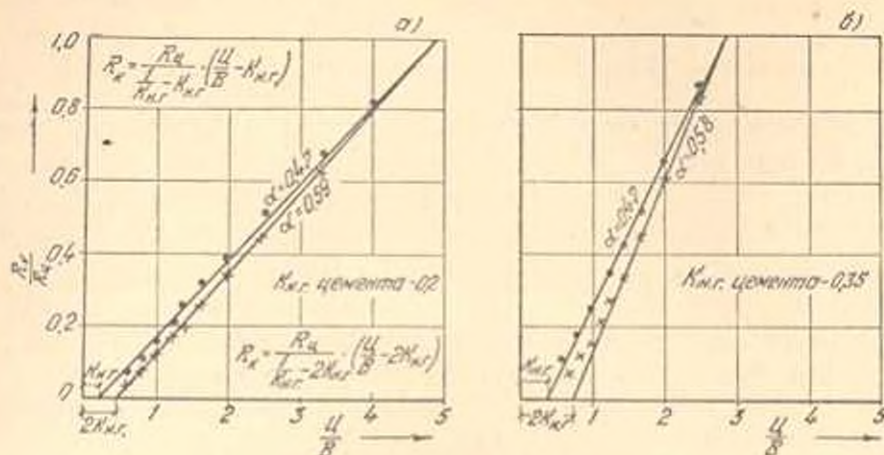


Рис. 1а и 1б—Зависимость прочности цементного камня (R_k) от истинного цементно-водного отношения $\frac{U}{B}$.

$$R_k = \frac{R_{k0}}{1 - 2K_{н.г.}} \left(\frac{U}{B} - 2K_{н.г.} \right), \quad (5)$$

где $\frac{U}{B}$ —цементно-водное отношение, причем в растворах и бетонах учитывается вода, идущая на смачивание заполнителей.

Точность полученных формул (4) и (5) для вычисления прочности цементного камня, как видно из рис. 1а и 2а, вполне достаточна в пределах практически применяемых значений $\frac{U}{B}$.

Для применения формулы (1) к растворам необходимо было установить значения их коэффициентов скорости капиллярной всасываемости (K_p). Результаты наших опытов по установлению зависимости (R_k , K_p) для растворов месячного возраста с применением кварцевого и легких песков приведены на рис. 2а и 2б.

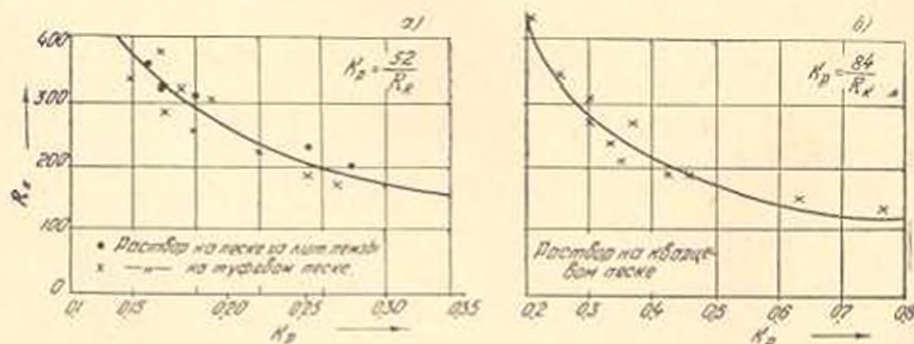


Рис. 2а и 2б — Зависимость коэффициента скорости капиллярной всасываемости раствора (K_p) от прочности цементного камня (R_k).

Из рис. 2а и 2б наглядно видно, что значение коэффициента скорости капиллярной всасываемости (K_p) для растворов можно выразить формулой

$$K_p = \frac{a}{R_k}, \quad (6)$$

где a — опытный коэффициент зависящий от характера песка: для раствора на кварцевом песке $a=48$; для раствора на туфовом и литонидно-пемзовом песках $a=52$.

Подставляя значение K_p в формулу (1), получим формулу прочности раствора

$$R_p = A_0 \gamma_p R_k, \quad (7)$$

где A_0 — опытный коэффициент, зависящий от вида песка;

γ_p — объемный вес раствора;

R_k — прочность цементного камня, определяемая формулой (5).

Для применения же формулы (1) к бетонам необходимо установить значения коэффициента скорости капиллярной всасываемости бетона (K_6).

Выше было отмечено, что в качестве структуры бетона и раствора нет существенной разницы, поэтому можем написать следующее выражение для коэффициента скорости капиллярной всасываемости бетона K_6 :

$$F_6 K_6 = F_p K_p + F_3 K_3; \quad (8)$$

$$F_6 = F_p + F_3 = 1,$$

где K_6 , K_p , K_3 — коэффициенты скорости капиллярной всасываемости бетона, раствора и заполнителя, отнесенные к единице площади;

F_p , F_3 — величина площадей раствора и заполнителя в бетоне в долях единицы.

Из формулы (1) K_p и K_3 будут иметь значения:

$$K_p = \frac{A_p \gamma_p}{R_p};$$

$$K_3 = \frac{A_3 \gamma_3}{R_3};$$

В силу (8) получим:

$$K_6 = F_p \frac{A_p \gamma_p}{R_p} + F_3 \frac{A_3 \gamma_3}{R_3}, \quad (9)$$

или при $K_p = \frac{a}{R_k}$ из формулы (6) получим:

$$K_6 = F_p \frac{a}{R_k} + F_3 \frac{\gamma_3 A_3}{R_3}. \quad (10)$$

Подставляя значения (9) и (10) в формулу (1), после преобразований получим:

$$R_6 = \frac{A_0 \frac{\gamma_6}{F_p} R_k}{B_0 + \gamma_3 \frac{F_3}{F_p} \frac{R_3}{R_k}} \quad (11)$$

или

$$R_6 = \frac{A_0 \frac{\gamma_6}{\gamma_p F_p} R_p}{B_0 + \frac{\gamma_3}{\gamma_p} \frac{F_3}{F_p} \frac{R_3}{R_k}} \quad (12)$$

где γ_6 , γ_p и γ_3 — объемные веса бетона, раствора и заполнителя в $т/м^3$;

R_3 — прочность применяемого в бетоне заполнителя в $кг/см^2$;

R_k — прочность цементного камня в бетоне по формуле (5) в $кг/см^2$;

R_p — прочность раствора в бетоне по формуле (7) в $кг/см^2$;

F_3 , F_p — площадь заполнителя и раствора в бетоне в долях единицы;

A_0 , B_0 , B_0' — опытные коэффициенты, зависящие от возраста и вида бетона.

Как нетрудно заметить, формулы (11) и (12) получаются в зависимости от 8—9 переменных параметров бетона (γ_6 , γ_p , F_p , F_3 , γ_3 , $K_{н.г.}$, $\frac{II}{B}$, R_k , R_3).

Опытная проверка формул (11) и (12) в отношении легких бетонов на туфах Ереванского [10] и Арктического месторождения, на анигской и литойдной пемзах [11], керамзите [12] и т. д. показала хорошие результаты. На рис. 3 приведена зависимость прочности туфобетона месячного возраста [10] от прочности цементного камня по формуле (11).

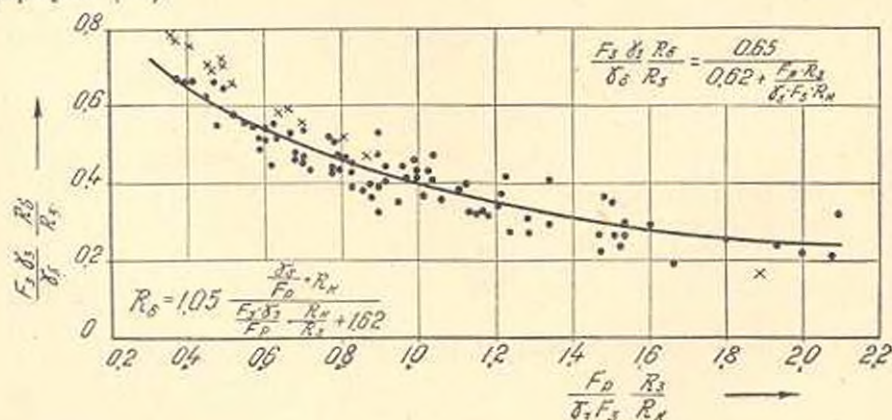


Рис. 3.—Зависимость прочности туфобетона (R_6) от прочности цементного камня (R_k) и других параметров бетона.

Предварительные значения коэффициентов A_0 , B_0 и B'_0 в зависимости от вида бетона месячного возраста приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Значение опытных коэффициентов A_0 , B_0 и B'_0 для бетонов месячного возраста [формулы (11) и (12)]

Заполнитель	Для формулы (11)		Для формулы (12)	
	A_0	B_0	A_0	B_0
Тuff Ереванского месторождения	1,05	1,62	1,05	1,10
Лавовая пемза	0,86	1,0	0,86	0,56
Арктический туф	1,10	—	1,10	2,22
Авийская пемза	0,97	—	0,97	1,43
Керамзитовый щебень и кварцевый песок	1,15	3,0	1,15	1,43

Опытные коэффициенты формул (11) и (12)—переменные величины, зависящие от возраста бетона и свойств заполнителей. Эти вопросы подлежат дополнительному изучению.

Среднеквадратичные и среднеарифметические отклонения опытных данных от расчетных, вычисленных по формулам (11) и (12) для бетонов месячного возраста, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Отклонения фактических прочностей легких бетонов месячного возраста от расчетных по формулам (11) и (12)

Формула	Вид бетона	Отклонение в %	
		среднеквадратичное	среднеарифметическое
11	Тuffобетон [10]	$\pm 8,5$	+ 8,0; —7,5
	Керамзитобетон на кварцевом песке [12]		
12	Тuffобетон [10]	$\pm 12,0$	+ 12,0; —9,0
	Керамзитобетон на кварцевом песке [12]		

Для плотных заполнителей (базальт, гранит и т. д.) коэффициент скорости капиллярной всасываемости будет равен нулю ($K_3=0$), поэтому из формулы (8) будем иметь

$$K_0 = F_p K_p.$$

а из формулы (11) и (12) получим общие расчетные формулы прочности обычного бетона

$$R_0 = A_1 \frac{F_p}{F_p} R_k \quad (13)$$

или

$$R_b = A \cdot \frac{\gamma_0}{\gamma_p F_p} R_p. \quad (14)$$

Формулы (13) и (14) получаются в зависимости от переменных параметров бетона (γ_0 , F_p , $\frac{U}{B}$, $K_{и.г}$, $R_{и.г}$, γ_p).

Предварительная проверка этих формул показали также хорошие результаты.

Из полученных формул (13) и (14) для расчета прочности обычного бетона вытекает, что насыщение бетонной смеси прочным крупным заполнителем приводит к повышению предела прочности при сжатии. Это вполне логично. При малом количестве раствора (F_p) толщина прослойки более слабого компонента (раствора) между крупными заполнителями уменьшается и тем самым увеличивается сопротивляемость прослойки, и усилия при сжатии передаются через скелет из прочных заполнителей, что ведет к повышению прочности бетона.

При этом повышение прочности хорошо уплотненного вибрированием бетона может достигнуть до 35%, а в отдельных случаях до 80% [13].

Полагаем, что учет количества раствора в бетоне по формулам (13) и (14) является одним из важных факторов, который может внести существенные поправки в расчет прочности бетона. Представляется, что при учете параметра F_p расхождение результатов прочности бетонов, рассчитанных по формулам Гипроцемента и НИИ цемента, отмеченные А. Е. Десовым [14], заметно уменьшится.

Армянский НИИ строительных материалов и сооружений

Поступило 10.VII 1959

Հ. Ա. ԱՐԱԿԵԼՅԱՆ

ԲԵՏՈՆԻ՝ ՈՐՊԵՍ ԿԱՊԻԼՅԱՐ-ԾԱԿՈՏԿԵՆ ՆՅՈՒԹԻ ԱՄՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Բետոնի ամրության տեսությունը շատերն են զրոգվել, բայց բետոնը մինչև այժմ չի դիտվել որպես կապիլյար-ծակոտկեն նյութ, նրա հատկությունների և ծակոտկենների ստրուկտուրայի միջև կապ հայտնաբերելու նպատակով:

Հոգաժողով բերված են Հայկական ՍՍԽ Շինանյութերի և կառուցվածքների ինստիտուտում կատարված գիտահետազոտական աշխատանքների արդյունքները բետոնի, որպես կապիլյար-ծակոտկեն նյութի ամրության և նրա ծակոտկենների ստրուկտուրայի միջև կապը կերպարներով:

Հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ դեմենտարոր, շաղախը և բետոնը դիտելով որպես կապիլյար-ծակոտկեն նյութ, նրանց ամրության նը-

կատմամբ կարելի է կիրառել (1) բանաձևը և ստանալ ամրությունը հաշվարկող համապատասխան բանաձևեր: Ստացված են ամրության հաշվման համար հետևյալ բանաձևերը, ցեմենտաքուրի համար՝ (4) և (5), շագախի համար՝ (6), բետոնի համար՝ (10) և (11):

Ստացված (10) (11) բանաձևերը ընդհանուր են բոլոր տեսակի բետոնների ամրությունները հաշվելու համար: Եթե ալգ բանաձևերի մեջ դրանիտի, քաղախի և այլ տեսակի խիտ խճերի համար կապիլլար ծծողականության արագության գործակիցը ընդունենք հավասար զերոյի ($K_2=0$), ապա կստանանք (13) և (14) բանաձևերը, սովորական բետոնի ամրությունը հաշվելու համար:

Փորձերը ցույց են տալիս, որ բետոնների ամրությունը հաշվելու համար բանաձևերի ճշտությունը միանգամայն բավարար է ստացվում: Փորձնական և բանաձևերի միջոցով հաշված տվյալների միջին-քառակուսային տատանումները ստացվում են՝ $\delta=12\%$:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ахвердов И. И., Годзиев Н. С., Овадовский И. М. Легкий бетон. М., 1955.
2. Вагаков А. М. Керамзитобетон. Л., 1954.
3. Скрамтаев Б. Г. Исследование прочности и пластичности бетонной смеси. Диссертация, М., 1936.
4. Симонов М. З. Вопросы расчета прочности бетонов. „Известия АН Армянской ССР“, сер. ФМЕТ, VI, № 5—6, 1953.
5. Свечин Н. В. К вопросу о наименьшей прочности заполнителей бетона. Сб. „Исследование по технологии бетона“, ЦНИПС, М., 1950.
6. Фридман Я. Б. Единая теория прочности материалов. Оборонгиз, 1934.
7. Штаерман Ю. Я. Критические замечания к обобщенной теории прочности бетона. Тбилиси, 1934.
8. Аракелян А. А. О зависимости прочности пористого камня от структуры его пор. „Известия АН Армянской ССР“, сер. технических наук, т. XI, № 1, 1958.
9. Аракелян А. А. О прочности цементного камня. „Известия АН Армянской ССР“, сер. технических наук, т. XII, № 3, 1959.
10. Худавердян В. М. Метод проектирования составов туфобетона. Ереван, 1950.
11. Аракелян А. А. Основные свойства гидротехнического бетона на литонидной пемзе. Сб. „Гидротехнический бетон на литонидной пемзе“, Ереван, 1959.
12. Корнилович Ю. Е., Вержбицкая М. Г. Керамзитобетон—прогрессивный строительный материал. Киев, 1955.
13. Десов А. Е. Вибрированный бетон, М., 1956.
14. Десов А. Е. Структурная вязкость цементного раствора и бетонной смеси. „Тр. совещания по теории технологии бетонов“, Ереван, 1956.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

А. Г. ГИНДОЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА ТУФОВЫХ КАМНЕЙ

Перенос тепла материалов характеризуется коэффициентами теплопроводности λ , 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 $2-3^\circ$) 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 нахождении времени наступления температурного максимума.

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

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

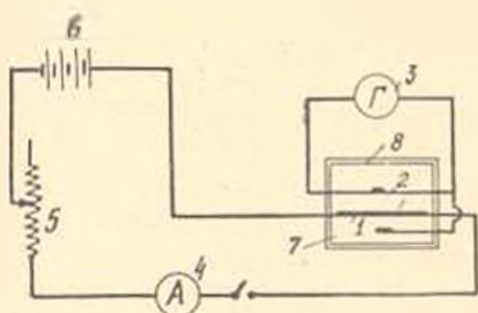


Рис. 1. 1 — Датчик теплового импульса; 2 — Электронитическая дифференциальная термопара; 3 — Гальванометр типа ГЗП. 4 — Амперметр; 5 — Реостат; 6 — Источник постоянного тока — аккумуляторная батарея; 7 — Испытуемый образец; 8 — Термостат.

проведены определения коэффициентов переноса тепла туфовых камней по этому методу.

Коэффициенты переноса тепла материалов определялись по формулам:

$$\lambda = \frac{0.86 R_0 I_0^2}{4 \pi L_0 \Delta t_{\max}} \frac{\text{ккал}}{\text{м час град}} \quad (1)$$

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

$$c = \frac{\lambda}{T \cdot d} \frac{\text{ккал}}{\text{кг град}} \quad (3)$$

где R_0 — сопротивление электронагревателя — 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;

τ_0 — продолжительность действия теплового импульса в часах;

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

φ_1 и φ_2 — безразмерные величины, определяются по вспомогательным графикам в зависимости от отношения $\frac{\tau_0}{\tau_{\max}}$ [2].

Имея значения λ , α , 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 ³	Удельный вес в кг/м ³	Средний диаметр капилляров в м	Процентное соотношение объема микрокапилляров ($d = 0,2 \mu$) к общему объему пор
Анийский	1120—1240	2350	10	4,4
Артикский	1000—1380	2500—2600	26	0,8
Ереванский	1470—1725	2400—2600	18	4,9
Бюраканский	1760—1780	2500—2600	—	—
Фельзитовый	1860—1995	2400—2640	3,7	8,6

Таблица 2

Химический состав туфовых камней в процентах

Наименование туфа	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O + K ₂ O	SO ₃	H ₂ O	п.п.п.
Анийский	68,99	0,25	15,26	2,76	—	—	0,73	2,03	5,19	—	3,26
Артикский	63,92	0,69	16,92	3,74	0,79	0,32	1,05	2,95	9,04	0,51	1,22
Ереванский	63,09	0,64	16,47	4,94	—	—	1,44	3,49	6,60	—	2,39
Бюраканский	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/м³. 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/м³.

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 SiO₂ (примерно 69%), тогда как в арктическом туфе оно равняется 63,92%. Коэффициент теплопроводности SiO₂ в аморфном состоянии равняется 1.19 ккал/м час град. Между тем процентное со-

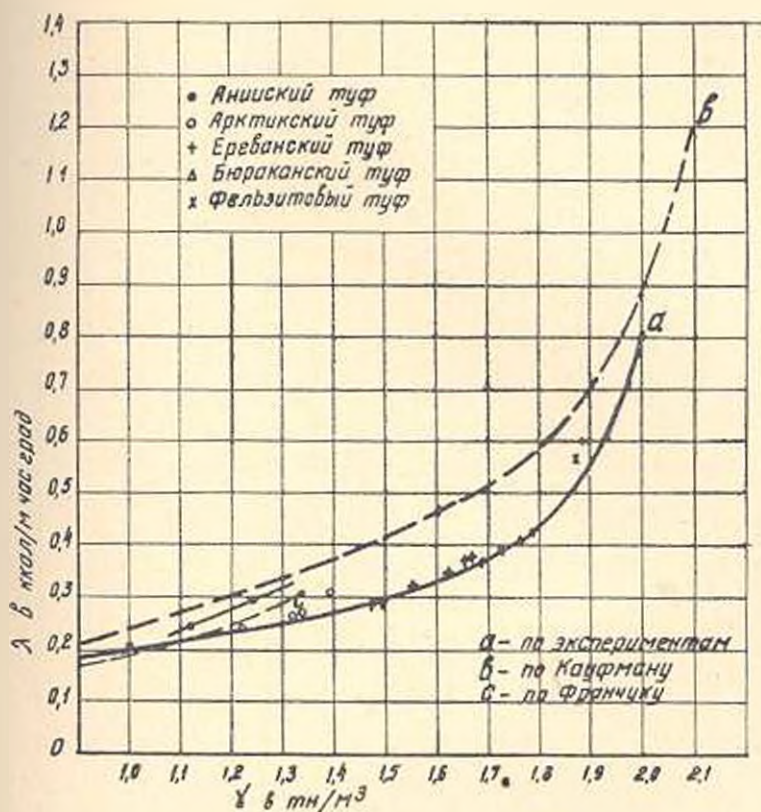


Рис. 2.

держание элементов с низкими коэффициентами теплопроводности по аниискому туфу меньше. Например, содержание CaO составляет всего 2,03% (табл. 2). Для CaO $\lambda = 0,41$ ккал/м час град. Во-вторых, структура анииского 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.

Таблица 3

Результаты испытания образцов в сухом состоянии

Наименование туфов	Объемный вес γ в кг/м^3	Пористость п, %	Коэффициент тепло- проводности λ в $\frac{\text{ккал}}{\text{м.час град}}$	Коэффициент температу- ропроводности α в $\frac{\text{м}^2}{\text{час}} \times 10^4$	Удельная теплоем- кость c в $\frac{\text{ккал}}{\text{кг град.}}$
Алипский	1120	52,3	0,241	10,80	0,199
	1240	47,2	0,290	12,50	0,187
Арктиский	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	0,196
	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	0,380	11,85	0,181
	1725	31,0	0,399	12,65	0,182
Бюраканский	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:

$$\lambda = 0,09351 \gamma - 2,28 - 0,025. \quad (5)$$

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 алипского 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 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 кг/м³										
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
Артыкский, Ереванский, Юраканский фельзитовый	0,203	0,212	0,230	0,254	0,214	0,300	0,335	0,385	0,445	0,570	0,802
Алийский	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 кг/м^3	Удельная теплоемкость с в ккал/кг град	Коэффициент температуропроводности $\alpha \times 10^4$ в $\text{м}^2/\text{час}$
Алийский	1180	0,193	11,6
Арктический	1250	0,174	11,5
Ереванский	1600	0,187	11,4
Юраканский	1770	0,199	12,5
Фельзитовый	1940	0,180	19,3

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

б) 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 коэффициентов переноса тепла от влажности материала приведена соответственно на рис. 3, 4, 5.

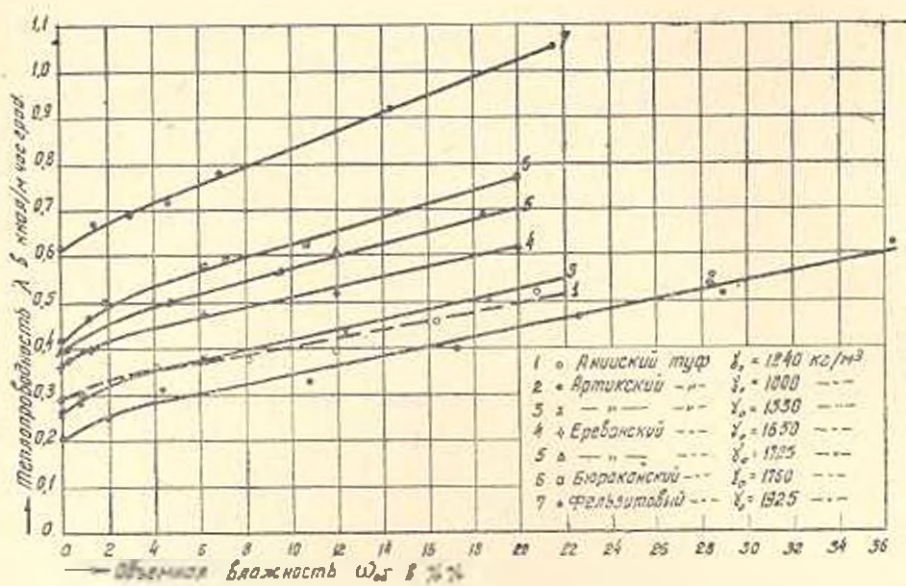


Рис. 3.

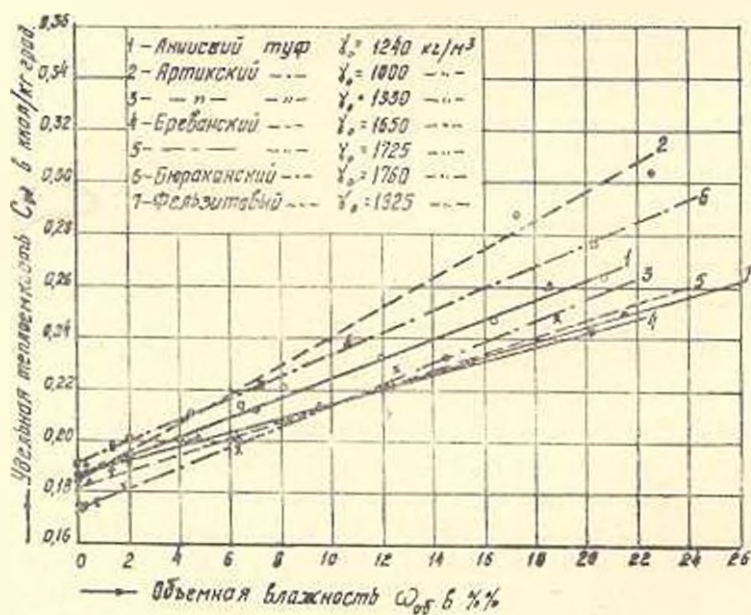


Рис. 4.

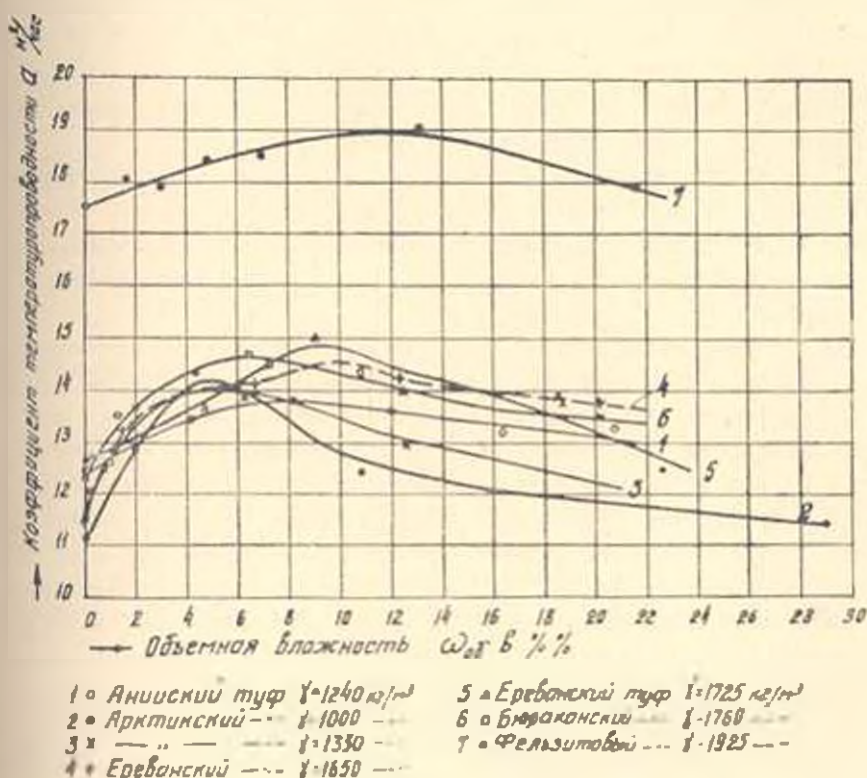


Рис. 5.

В начальный период увлажнения зависимость между влажностью и коэффициентом теплопроводности выражается кривой, направленной выпуклостью 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*. 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

* Г. А. Ташкинов. Исследование теплотехнических качеств наружных стен из бесцементных блоков на известковом и известково-цементном 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 λ при малых влажностях в данном случае не может быть объяснен только влиянием массообмена.

Интенсивный рост λ 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 ангийского типа) хорошо выражается эмпирической формулой:

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

где λ_0 — коэффициент теплопроводности материала в сухом состоянии в ккал/м. час. град;

ω — объемная влажность в процентах;

γ_0 — объемный вес сухого материала в т/м³.

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

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

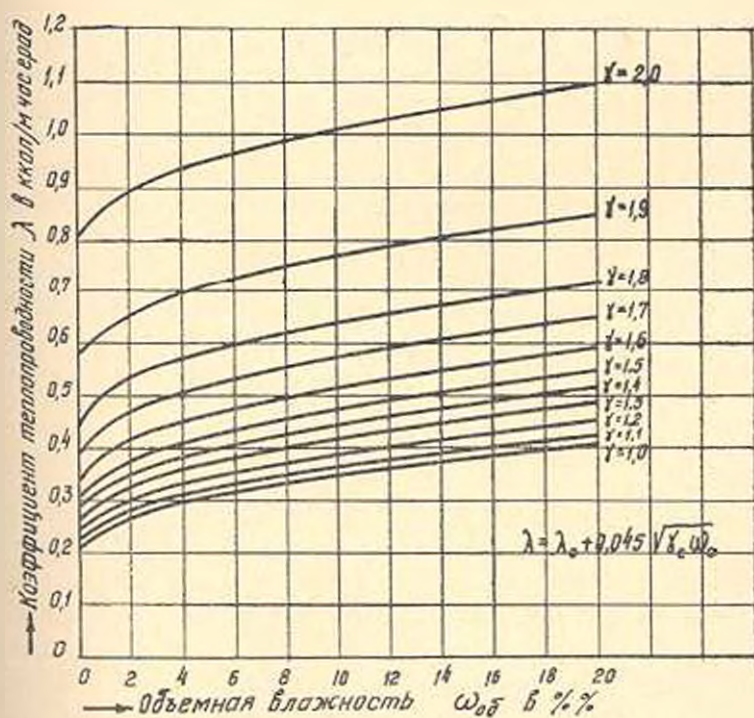


Рис. 6.

Теплоемкость. Теплоемкость тела характеризуется удельной c_p и объемной теплоемкостью $(c\gamma)$.

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:

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

где c_0 — удельная теплоемкость сухого материала;

ω_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 λ , теплоемкости c и объемным весом материала γ 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_0 [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-

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

Տեֆերի տեսակարար 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. Вишневский 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.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

К. А. ВАРДАНИЯ

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ
БЛОКОВ

Какие пространственные блоки являются наиболее целесообразными для массового жилищного строительства—вопрос уже сегодня имеющий важное значение. Дорогостоящее заводское оборудование не может быть рассчитано на случайно подобранный тип блоков. Правильное решение этой задачи зависит от многих вопросов технологического, конструктивного и архитектурно-планировочного характера.

При типизации пространственных блоков необходимо исходить из условия применения минимального количества типоразмеров основных изделий пространственных блоков при одновременном увеличении возможных вариантов конструктивных и архитектурно-планировочных решений жилых зданий.

На рис. 1 представлена предложенная автором классификация пространственных блоков. Пространственные блоки необходимо разделять на первичные (конструктивные) и монтажные (с отделкой, оборудованием, с перегородками и т. д.).

На рис. 2 приведены основные типы первичных пространственных блоков для многоэтажных жилых зданий. Каждый конструктивный тип блоков имеет многочисленные разновидности, входящие в группы по монтажно-планировочным особенностям.

Задачу рационального проектирования жилых домов недостаточно свести к созданию типовых квартир, секций или домов, которые всегда не лишены недостатков и имеют ограниченное применение. Правильное решение задачи—с экономической, конструктивной и архитектурной точки зрения сводится к обеспечению гибкости планировочных решений квартир и жилых зданий в массовом строительстве, при стандартности сборных элементов.

Площадь квартир и высота помещений в жилых домах массового строительства устанавливается нормами. Следовательно объемы квартир являются более или менее постоянными величинами. Однако, квартиры в жилых домах имеют различные очертания (при постоянстве их объема), чем обусловлена как вариантиность планировки квартир, так и жилых зданий. В этом заключается один из недостатков решения задачи о блоке с размерами на квартиру (блок-квартира).

Монтаж квартир из блоков двух и более габаритных типоразмеров сводится к выбору оптимальной величины площади первичного пространственного блока, кратной полезным площадям одной, двух, трех, четырех и пятикомнатных квартир и установлению целесообразных горизонтальных размеров на основе укрупненного модуля.

Экспериментальное проектирование показывает, что укрупненный модуль 1200 мм (с полмодулем 600 мм и четверть модулем 300 мм) дает необходимые варианты решения поставленной задачи из блоков двух, трех, четырех, шести и восьми габаритных типоразмеров; из шести типоразмеров пространственных блоков можно осуществлять основную массу вариантов возможных планировочных решений секционных жилых зданий (рис. 3); при применении блоков "открытого" типа количество типоразмеров первичных блоков соответствует их количеству по габаритным типоразмерам.

Архитектурная композиция жилых зданий из пространственных блоков содержит совокупность взаимосогласованных решений вопросов, определяющих функционально-эстетическое и художественно-эстетические качества комплекса сооружений в конкретной среде. Из технических средств создания композиции фасадов и объемов зданий главным является гармоническое сочетание объемно-планировочных его параметров (высота этажа и объем в целом; продольный шаг и протяженность здания; поперечные пролеты и глубина корпусов) на едином модуле или на взаимосогласованных модулях. Стандартизации этих параметров зданий на основе укрупненного (технического) модуля позволяет уменьшить номенклатуру и количество типоразмеров стандартных изделий. Однако общность основных элементов создается фактически не техническим, а архитектурным модулем, который будучи производным от первого, имеет больше градаций, в зависимости от архитектурной трактовки зданий и умелости проектировщика. То, что архитектурный модуль находится в какой-то зависимости от технического, ограничивает варианты размерно-пропорционального построения гармонического строя здания в связи с чем возникают затруднения в процессе их согласования по пространственным осям и, в "принудительности" выбора производных модулей. Это явление характерно не только для пространственно-блочного, но и для всех индустриальных методов строительства вообще и многоэтажных жилых зданий в частности. И это является одним из тех узловых вопросов, от правильного решения которого зависят архитектурные качества зданий.

В качестве одного из возможных путей решения этого вопроса для пространственно-блочного метода строительства многоэтажных жилых зданий предлагается создать свободу выбора размеров элементов по одной из пространственных осей, выступающих на фасаде. Необходимо также первые этажи оторвать от земли, для вариации размеров зданий по вертикали. При свободе выбора шага на фасаде, возможности гармонического построения жилых зданий из простран-

ПЕРВИЧНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ БЛОКИ

ТАБЛИЦА РЕШЕНИЙ ПРОБЛЕМЫ БЛОКОВ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

	ЗАМКНУТЫЕ	ПОЛУЗАМКНУТЫЕ	ПОЛУОТКРЫТЫЕ	ОТКРЫТЫЕ
	ПАНЕЛЬНЫЕ	ПАНЕЛЬНЫЕ	ПАНЕЛЬНЫЕ	ПАНЕЛЬНЫЕ
ПАНЕЛЬНЫЕ				
РАМНО-ПАНЕЛЬНЫЕ				
РАМНО-ОБЛОЧНЫЕ				
Б Л О К И				
ДОКОННАТОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ				
БЛОКИ ПОДЪЯТНОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ				
БЛОКИ ПОДЪЯТНОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ				

Рис. 2.

ственных блоков приравниваются к возможностям тех же зданий построенных неиндустриальными методами и, во всяком случае, больше чем в панельных и блочных домах.

Армянским НИИ стройматериалов и сооружений (АИИСМ) совместно с „Ереванпроектом“ в 1959 г. разрабатывались проекты многоэтажных жилых зданий из пространственных блоков. Исходными данными для этого послужили результаты проведенных ранее автором статьи исследований, целью которых являлось установление рациональных типов пространственных блоков для массового жилищного строительства. Разработана серия четырехэтажных жилых домов с секциями 2—2, 3—3, 4—4, для экспериментального строительства из железобетонных пространственных блоков по сваренной конструктивной системе. Отличительной особенностью примененных пространственных блоков является то, что они образуются из панелей, с асимметрично расположенными ребрами, при этом несущие панели, из которых образуются пространственные блоки, не имеют проемов. Этот принцип, облегчающий изготовление элементов блоков, отражен и на главном фасаде, где в ограждающих панелях не имеется окон. Гладь стены фасада прерывается углубленными лоджиями, откуда получают освещение бо́льшая комната квартиры и кухня. Такой прием, приемлемый в районах с умеренным климатом, в данном случае продиктован еще и тем, что ограждающие панели рассчитаны на применение алюминиевой фольги, слои которой чередуются с воздушными прослойками. При небольшой толщине наружных панелей 100—150 мм и при их конструкции с воздушными прослойками, установление конструкции проемов окон и дверей связано с определенными трудностями. Ликвидация оконных проемов на фасадах упрощает решение задачи, однако имеет тот недостаток, что в какой-то мере ухудшается условие инсоляции кухни при свободной ориентации дома. Дома спроектированы с однотипными квартирами—двухкомнатными, трехкомнатными и четырехкомнатными—из однотипных пространственных блоков из восьми габаритных типоразмеров.

Для опытного строительства по сборно-монолитному способу разработаны проекты четырехэтажных жилых домов из универсальных блоков с одной и двумя консолями (рис. 4). Кроме того, разработаны варианты осуществления домов из отдельных укрупненных элементов—панелей и стоек. По проектным данным расход бетона на 1 куб. м объема здания из сборных элементов составляет 0,02 м³, и на замоноличивание около—0,01 м³.

Средняя стоимость квартир в запроектированных экспериментальных домах составляет 25 тыс. рубл., а стоимость 1 кв. м жилой площади 750—850 рублей.

Проведенные исследования показали, что выбор в качестве рациональных типов—пространственных блоков, позволяющих облегчить объемный вес зданий до возможного минимума, является правильным

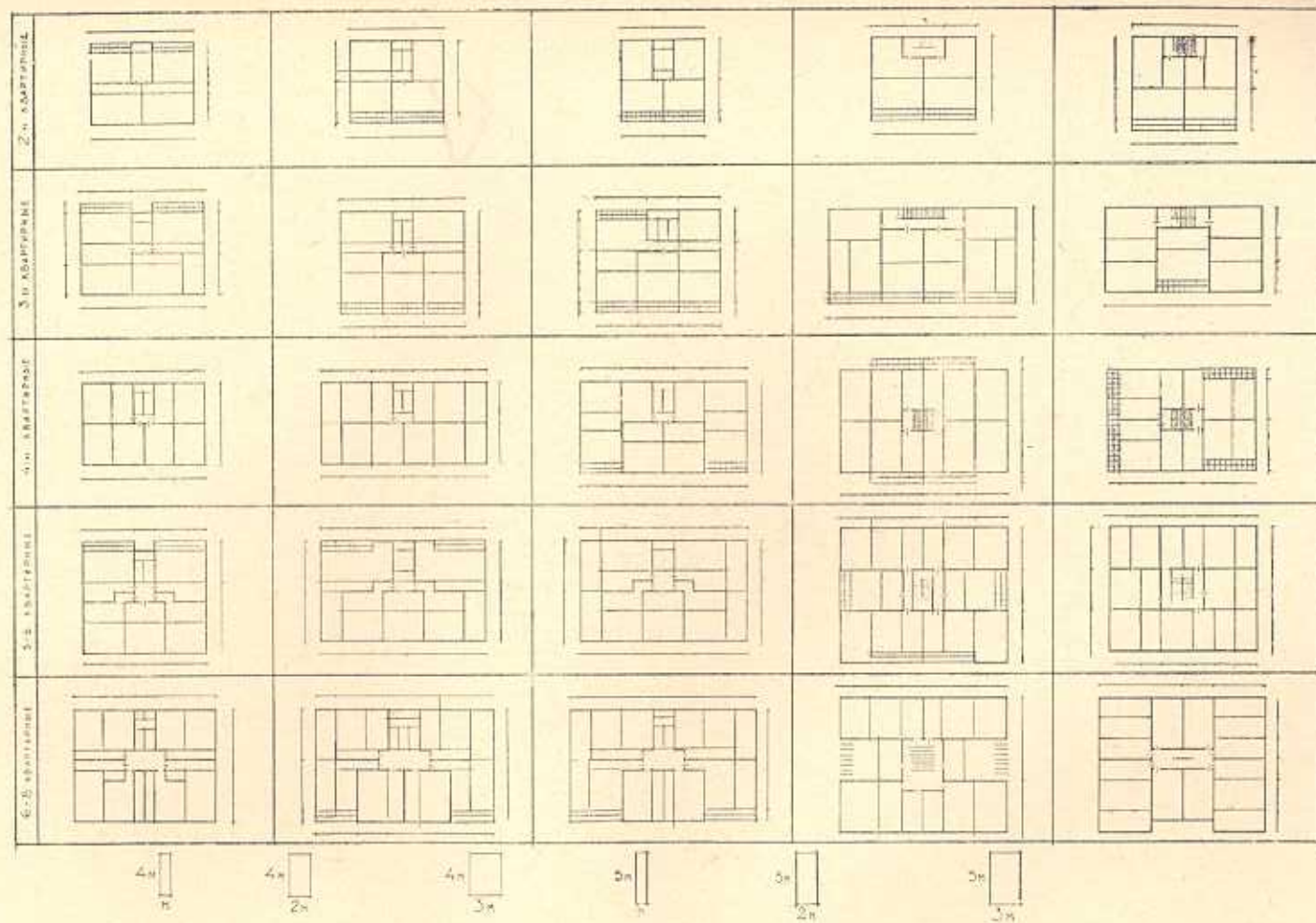


Рис. 3.

ственное многообразие зданий и может стать одним из методов отвечающих требованиям новой советской архитектуры, если с самого начала дело поставить на правильную, научную основу.

Новое, что вносит пространственно-блочный метод в проектирование и строительство—является объединение принципов расчленения объема на конструктивно-строительные и архитектурно-планировочные элементы—в единый принцип расчленения на пространственные блоки, типы которых необходимо установить по комплексным требованиям.

Армянский ИИИ стройматериалов
и сооружений

Поступило 10.XI 1959

Կ. Ա. ՎԱՐԴՅԱՆ

ՏՈՒՐԱԴԱՐԱՆ ԲՐՈՒՆԵՐԻՑ ԲԱԶՄԱԶԱՐԻ ԲՆԱԿԵԼԻ ՏՆԵՐԻ ՆԱԽԱԳԻՏՄԱՆ ՄԻ ՔԱՆԻ ԼԱՌԵՋՆԱԶԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրության հիմնական խնդիրներից է եղել պորժարանային տնաշինության երկու հակասական պահանջների բավարարումը. քայքայել պորժարանային հիմնական արտադրանքի՝ տարածական բլոկների տիպոքանակը մինչև հնարավոր մինիմումը և ապացնել նրանցով կառուցվող բնակելի շենքերի կոնստրուկտիվ ու ճարտարապետական հատկագծային հնարավոր լուծումները տարբեր շինարարական պայմանների համար (կլիմայական, տեղամիկ, աշխարհագրական և այլն)։

Բլոկների հնարավոր տարատեսակների խմբավորումը բերված է նկ. 1-ում, որտեղ միաժամանակ արտահայտված է տարատեսակությունները բնորոշող առանձնահատկությունների միջև գոյություն ունեցող կապը և նրանց նշանակությունը բլոկների հիմնական տիպերի բնորոշման համար։ Այստեղից հետևում է, որ հետապնդվող նպատակից ելնելով, ուսումնասիրության հիմնական առարկա են հանդիսանում առաջնային տարածական բլոկները, որոնց հիմնական տիպերը բերված են նկ. 2-ում. ըստ որի տարածական բլոկի շուրջանջվուր կոնստրուկտիվ տիպ ունի բազմաթիվ տարատեսակներ, որոնք իրենց մոնտաժային-հատկագծային առանձնահատկություններով հավաքվում են չորս հիմնական խմբում. բնորոշելով շենքերի ճարտարապետական-հատկագծային հնարավոր լուծումների ազատությունը՝ բլոկների մինիմում տիպոքանակի զննումը (նկ. 3) հետևում է, որ բլոկների կոնստրուկտիվ տիպերի ամենաուսացի՞ռնալ լուծումներն ունեն ամենից մեծ ճարտարապետական-հատկացմային հնարավորություններ, Այսպիսով՝ հավաքովի էլեմենտների տիպոքանակի կրճատումը չի սահմանափակում շենքերի ճարտարապետական հնարավորությունները։ Այս հետևությունը ապացուցվում է ինչպիսի ուսումնասիրություն (նկ. 3), աչնպես և նրա վրա կատարված փորձնական բնակելի տների նախագծերով (նկ. 4), որոնք նախատեսված են իրապորժկու հեղինակի կողմից առաջադրված նոր կոնստրուկտիվ ու կառուցողական սխառնմով, հատկագծային ու ժալալային լուծումներով։

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

М. М. МАРКОСЯН, С. Т. БАРСАМЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ПОЛИХЛОРОПРЕНОВЫХ ЛАТЕКСОВ

Применение синтетических латексов дает возможность уменьшить наружные размеры проводов и кабелей, заменить дефицитные материалы (хлопчатобумажную пряжу, шелк и т. д.) и повысить срок службы проводов и кабелей.

Настоящая работа является результатом исследований, проведенных сектором кабельно-изоляционной техники филиала НИИ при Армэлектрозаводе совместно с ЦНИЛ завода им. Кирова. Исследования проводились с целью выяснения электрофизических свойств разных типов хлоропреновых латексов и пригодности их к применению в производстве установочных проводов и слаботочных кабелей.

Электрофизические свойства ненаполненных наиритовых латексов. Особенности строения наиритовых (полихлоропреновых) каучуков определяют их достоинства и недостатки по сравнению с другими типами полимеров.

Атом хлора, находящийся в молекуле полихлоропрена в π положении к двойной связи, экранирует молекулу и определяет ее высокую химическую стойкость. Полихлоропреновый каучук обладает высокой стойкостью в условиях теплового старения, большой выносливостью к динамическим деформациям, озоностойкостью, масло-бензостойкостью, грибо- и атмосфероустойчивостью.

Благодаря присутствию хлора наирит трудно воспламеняется и не горюч. Размеры частиц латекса по диаметру близки к $0,15 \text{ мк}$, величина $P^{21} = 10,5 \pm 12$, частицы его имеют отрицательный заряд.

Полярный характер полихлоропрена обуславливает высокую прочность адгезионных связей при креплении резины из полихлоропрена к металлам [1].

Проводились исследования пленки из наиритового латекса марок Л-3, Л-4, Л-7. Результаты измерения электрических характеристик латексных пленок различных Марок приводятся в таблице 1.

Из табл. 1 видно, что все марки наиритовых латексов имеют примерно одинаковые электрические свойства. Из рис. 1 видно, что при повышении температуры увеличение диэлектрических потерь в основном зависит от дипольной поляризации наирита (дипольные молекулы полихлоропрена обусловлены наличием атомов хлора).

Таблица 1

Марка наиритового латекса	Диэлектрические потери ($\text{tg}\delta$)		Удельное электрическое объемное сопротивление (ОМ. СМ)		Пробивная электрическая прочность (кВ/мм)		Диэлектрическая проницаемость ϵ
	до пребывания в воде	после пребывания в воде 24 ч.	до пребывания в воде	после пребывания в воде 24 ч.	до пребывания в воде	после пребывания в воде 24 ч.	
Л-3	0,18 : 0,3	1,1 и более	$2,5 \cdot 10^{11} : 4 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10} : 4 \cdot 10^9$	17 : 21	8 : 10	3,2
Л-4	0,21 : 0,4	То же	$2,5 \cdot 10^{11} : 4 \cdot 10^{10}$	$1,2 \cdot 10^{10} : 9 \cdot 10^9$	18,5 : 26	9 : 26	3,2
Л-7	0,07 : 0,23	То же	$4 \cdot 10^{10} : 8 \cdot 10^{10}$	$0,8 \cdot 10^{10} : 0,15 \cdot 10^9$	18 : 23	9 : 12	3,2

В начале кривой $\text{tg}\delta = f(T)$ (рис. 1) изменение диэлектрических потерь с повышением температуры обусловлено дипольной поляри-

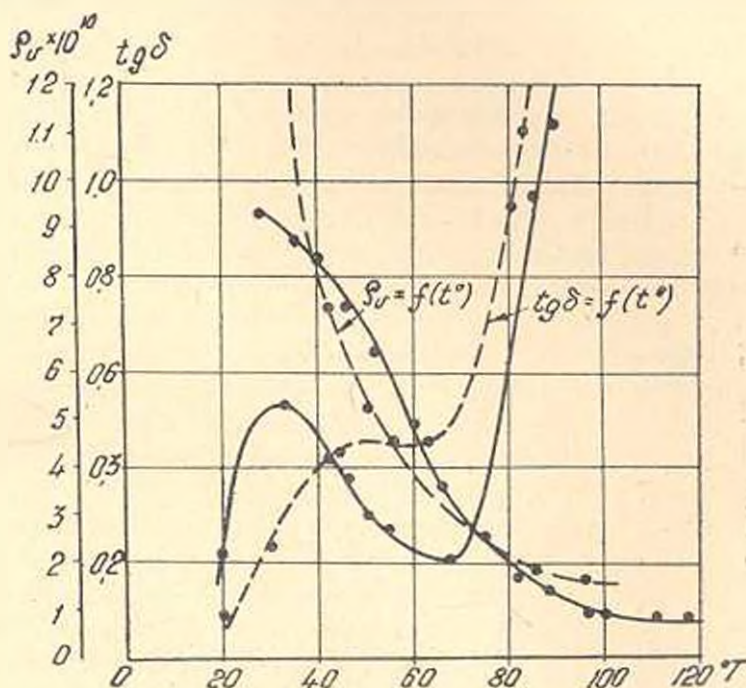


Рис. 1. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь и объемного электрического сопротивления от температуры без дополнительной сушки наиритовых латексных пленок марки Л-7, а пунктиром—после дополнительной сушки при $T = 20^\circ \pm 5^\circ \text{C}$ и 96 часов.

зацией и адсорбированной в каучуке водой. Адсорбированная вода в латексе остается в результате недостаточной сушки при изготовлении пленок. При температуре 35—40°C диэлектрические потери уменьшаются так как происходит удаление адсорбированной воды. Дальнейший рост диэлектрических потерь с повышением температуры вызван

резким увеличением электропроводности латекса, обусловленного дипольной поляризацией молекул хлоропрена. Несколько меняется форма изменения кривой хорошо высушенных пленок (рис. 1—пунктир).

Удельное объемное сопротивление ρ_v также уменьшается (рис. 1) и стабилизируется при температуре 90—100°С до появления проводящих каналов, т. е. до разрушения химического строения каучука.

Физико-механические свойства ненаполненных наиритовых пленок. Наиритовые пленки имеют хорошие механические свойства, удовлетворяющие требованиям кабельных шланговых резин (табл. 2).

Таблица 2

Марка наиритового латекса	Прочность на разрыв (кг/см^2)	Относительное удлинение (%)	Остаточное удлинение (%)
Л-7	130—170	1100—1200	14—40
Л-4	110—135	1050—1100	12—20
Л-3	90—130	800—1000	12—18

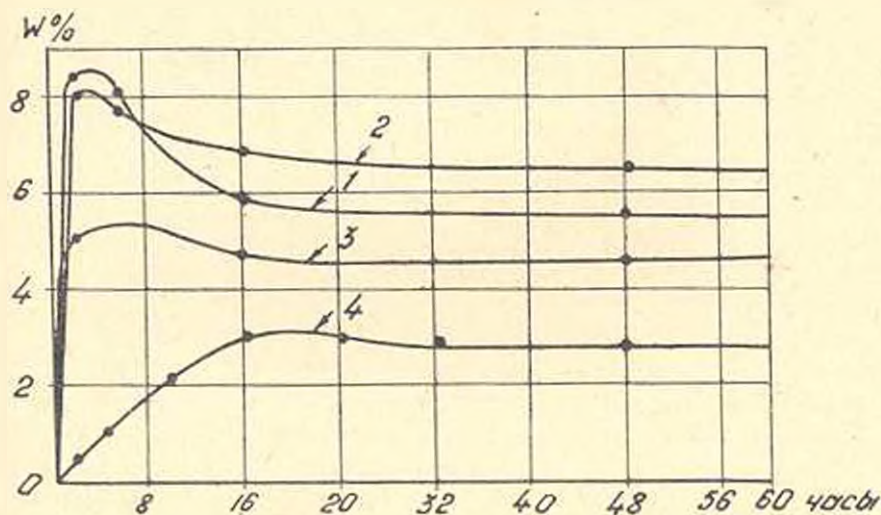
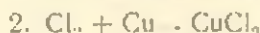
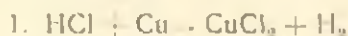


Рис. 2. Зависимость влагопоглощения от времени пребывания в воде наиритовых латексных пленок при $t''=20^\circ\text{C}$: 1—пленка марки Л-3; 2—пленка марки Л-4; 3—пленка марки Л-7; 4—пленка наиритовая Л-7 + 10% печная сажа.

Влагопоглощение наиритовых пленок (рис. 2) обусловлено присутствием в составе латекса эмульгаторов и стабилизаторов. Эти гидрофильные примеси остаются в пленке высокополимера в виде сеток и служат капиллярами для прохождения воды. Поэтому в начале испытания в течение 4-5 часов вес пленки сильно увеличивается, а затем уменьшается из-за вымывания из пленки примесей. При меньшем количестве эмульгаторов и стабилизаторов в пленке они образуют отдельные включения, куда вода не проникает, и явление вымывания не происходит.

Исследовалось влияние полихлоропренового каучука на медь и алюминий. Опыты показали, что полихлоропреновый каучук сильно действует на медь. Из структуры полихлоропренового каучука выделенные молекулы HCl и Cl_2 дают с медью следующие реакции:



На поверхности медной проволоки появляется CuCl_2 , который уменьшает активное сечение провода и является катализатором старения резины. Процесс образования CuCl_2 ускоряется под действием тепла.

На алюминий полихлоропреновый каучук химического воздействия не оказывает благодаря тонкому, химически стойкому слою алюминия.

Физико-механические свойства пленок смесей наиритовых латексов. При изготовлении смесей из наиритового латекса, дающих пленки со специфическими свойствами, с улучшением тепло-масло-световодо- и тропикостойкости применяются такие же примеси, как и для наиритовых резиновых смесей, но количество введения их в латекс ограничивается, так как последний является сильно щелочной коллоидной дисперсией.

Применяемые для смеси ингредиенты должны быть стабильными и не вступать в реакцию при диспергировании в латексе.

Ингредиенты, вступающие в реакцию с полимером или растворяющиеся в щелочной среде, образуют положительно заряженные ионы, способствующие коагуляции латекса [2].

Светостойкость латекса улучшается введением сажи, которая полностью поглощает видимый спектр света, сильно отражает ультрафиолетовые лучи, как бы является защитным светофильтром. Улучшением дисперсности и непылизированности (т. е. равномерности распределения) сажи в латексе увеличивается механическая прочность пленки и стойкость к истиранию и озону [2, 3]. Сравнительные физико-механические показатели наиритовых латексных смесей марки И-7 с содержанием сажи и без нее приводятся в таблице 3 [4].

Сажа в латексе вводится в виде водной дисперсии.

Процесс приготовления дисперсии сажи заключается в перемешивании дисперсии мешалкой с большой скоростью вращения. Продолжительность смачивания сажи значительно снижается при повышении температуры воды от 25°C до 40°C.

Стабильность сажевой дисперсии в значительной мере зависит от зольности и P^n сажи. Удовлетворительную дисперсию дает печная сажа, которая хорошо вводится в латекс. Равномерность распределения сажи зависит от условий коагуляции латексной смеси [5]. Введение в латекс 10 в. ч. сажи на 100 в. ч. эластомера даст некоторое улучшение прочности на разрыв и прочность на раздираание. При большом количестве сажи эти свойства ухудшаются [2]. Сажа в сме-

Таблица 3

Материал	Модуль при 600% удлинении пленки в кг/см ²	Сопротивление разрыву в кг/см ²	Относительное удлинение при разрыве в %
Наирит А-7	50	176	1300
Наирит А-7 с 10% сажи (по весу)	275	187	1280

си способствует снижению смачиваемости пленок в воде, что объясняется ее гидрофобностью (рис. 2).

Пластификатор увеличивает влагостойкость, так как образует замкнутую структуру, затрудняющую экстрагирование водорастворимых веществ из пленки (рис. 3) [4, 5].

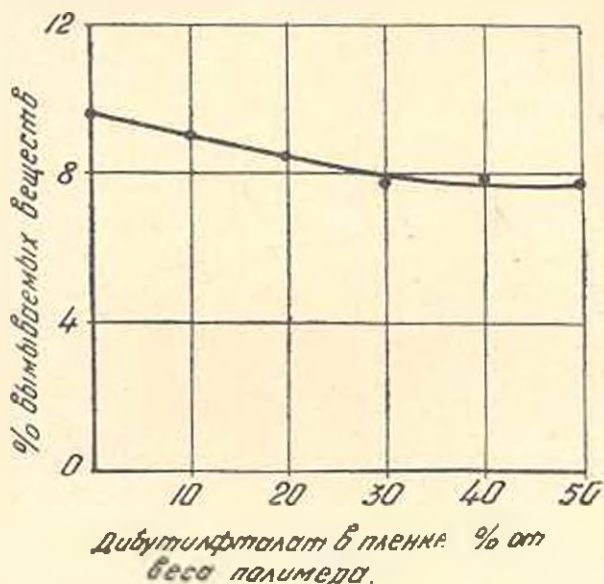


Рис. 3. Количество веществ, вымываемых из пленки в зависимости от содержания дибутилфталата.

В качестве пластификатора можно вводить в латекс вазелиновое масло типа МВМ. Оно уменьшает набухание пленки, увеличивает эластичность, делает изделие более мягким на ощупь.

Вазелиновое масло вводится в латекс в виде эмульсии, стабилизированной смесью казеината аммония и олеата натрия в соотношении 2:1.

Введение вазелинового масла больше 5 в. ч. на 100 в. ч. эластомера приводит к ухудшению механических свойств пленок. Отрицательной стороной вазелинового масла является то, что масло представляет хорошую среду для развития микроорганизмов.

Для устранения разрушающего воздействия микроорганизмов в латекс вводится фунгисил в виде водной дисперсии анилида салициловой кислоты, стабилизированной казеинатом аммония. Надо отметить, что наиритовые пленки, изготовленные из смеси с содержанием анилида салициловой кислоты, выдержали испытания на тропическую стойкость.

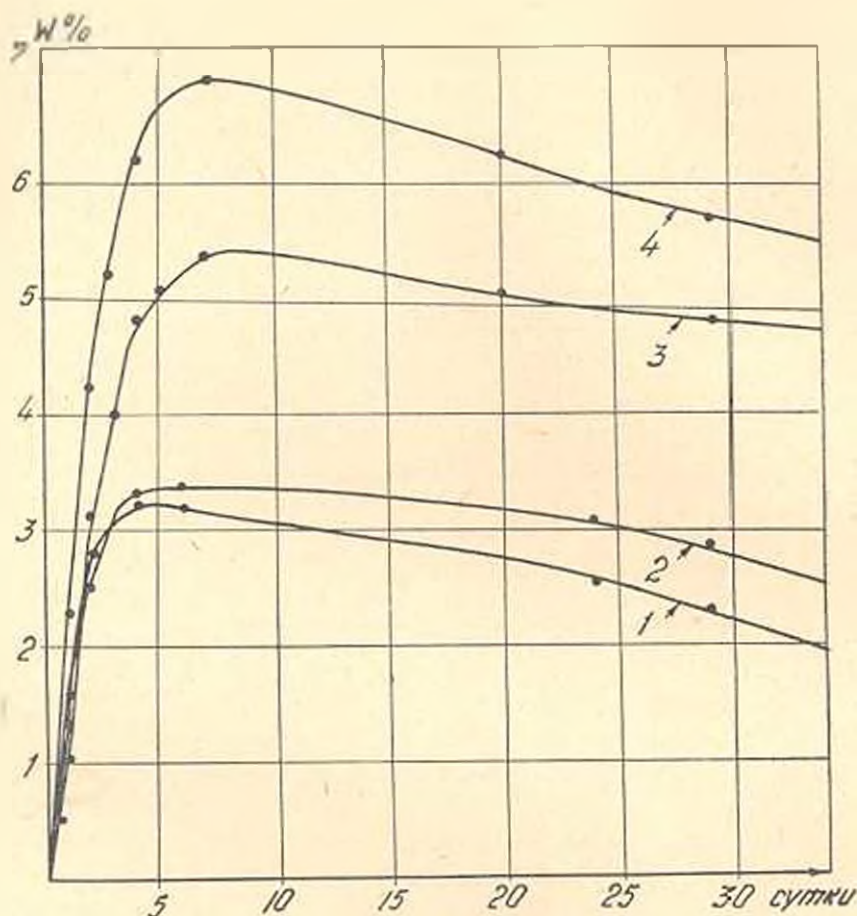


Рис. 4. Влагопоглощение латексных пленок. 1—пленка по рецепту № 1; 2—пленка по рецепту № 1 без вазелиновой эмульсии; 3—пленка по рецепту № 2; 4—пленка по рецепту № 2 без вазелиновой эмульсии.

Введение анилида салициловой кислоты больше 2,5 в. ч. на 100 в. ч. эластомера ухудшает его механические свойства.

Влияние ингредиентов на влагопоглощение наиритовых пленок показано на рис. 4.

В табл. 4 приводятся рецептуры латексных смесей марки Л-7.

Из рис. 4 видно, что смеси с содержанием вазелиновой эмульсии поглощают меньше влаги, чем без нее. Кроме того, латексные смеси с содержанием анилида салициловой кислоты поглощают больше влаги. При изготовлении смесей важную роль играет последо-

Таблица 4

Ингредиенты	Весовых частей	Концентрация ингредиентов в %
Р е ц е п т № 1		
Напритовый латекс Л-7	100	52
Сажа печная	20	20
Казеинат аммония	5	10
Вазелиновая эмульсия	5	40
Р е ц е п т № 2		
Напритовый латекс Л-7	100	50
Сажа печная	20	20
Казеинат аммония	5	10
Анилад салициловой кислоты	2,5	30
Вазелиновая эмульсия	5	40

вательность введения ингредиентов, способ наложения пленок, их сушка и вулканизация.

Влияние методов получения пленок на ее электрофизические свойства. Пленки были получены методом ионного отложения. Изделие погружалось в концентрированный раствор какой-нибудь соли (например, в 30%-ом растворе CaCl_2), один из ионов которой, обычно катион, способен вызывать коагуляцию латекса. После макания в коагуляторе изделие погружалось в ванну с латексом, где через некоторое время оно покрывалось сплошным слоем геля латекса. Толщина пленки зависит от концентрации коагулятора и времени макания изделия. После образования первого слоя геля на изделии дальнейший процесс коагуляции идет за счет диффузированного коагулятора через гель. Получение пленки этим способом требует меньше времени, чем при многократном макании. Отрицательной стороной этого метода является то, что пленка насыщается солями, которые ухудшают ее электрофизические свойства.

Можно применять особый процесс ионного отложения — „электроотложение“, где отсутствует коагулятор, роль которого исполняется постоянным током. В этом случае имеет место процесс электрофореза. Интенсивность гелеобразования в рассматриваемом случае зависит от плотности тока и концентрации эластомера в латексе. Здесь будет иметь место электролиз, при котором образуются кислород и водород у электродов, вредное воздействие которых можно устранить применяя „щелочные диафрагмы“, экраны и т. п. Пленка, полученная методом „электроотложения“, более плотная и прочная (рис. 5) [4].

Для улучшения электрофизических характеристик после гелеобразования можно применять процесс синерезиса или изготовить латекс без регулятора длины молекул полимера, или дигроксидным регуля-

тором. В этих случаях опять применяется процесс синерезиса. Практически синерезис всегда приходится проводить в жидкости (в воде, ацетоне и т. д.), так как в этих условиях из геля полностью удаляются стабилизаторы и соли (образованные при ионном отложении), отрицательно влияющие на свойства пленки. Гель получается более уплотненной, а пленка — прочная.

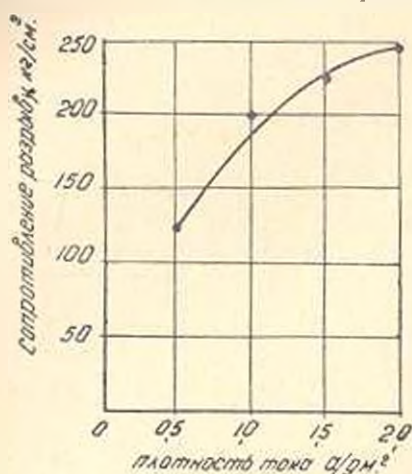


Рис. 5. Зависимость прочности вулканизированной наиритовой латексной пленки от плотности тока.

Результаты исследования этих наиритовых латексов приведены на рис. 6 и 7.

Из кривых видно, что более хорошие диэлектрические свойства имеют наиритовые латексы без регулятора длины молекул, а процесс синерезиса во всех случаях улучшает диэлектрические свойства. Отметим, что сушка проводилась при

температуре 70°С два часа, вулканизация — при температуре 130°С один час, в гермостате.

температуре 70°С два часа, вулканизация — при температуре 130°С один час, в гермостате.

Выводы. Наиритовые латексы с содержанием вазелинового масла типа МВМ можно использовать в качестве изоляции для кабелей и проводов с алюминиевыми или лужеными медными токопроводящими жилами. В этом случае необходимо в технологии предусмотреть процесс синерезиса; наполненные латексы можно использовать в качестве изоляции для кабелей и проводов с алюминиевыми и лужеными медными токопроводящими жилами; саженалополненные латексы можно применять в качестве оболочки в установочных проводах взамен хлопчатобумажной оплетки; наложение изоляции и оболочки целесообразно произвести методом электроотложения; применение латекса в кабельной промышленности дает возможность получить герметичные оболочки толщиной 0,3 мм и меньше, которые невозможно получить при существующем оборудовании и применяемой технологии; для кабельной промышленности можно рекомендовать наиритовый латекс марки М-7; латексы, наполненные фунгицидами и вазелином, могут быть применены в качестве защитного покрова для проводов и кабелей, предназначенных для тропической зоны.

Армянский филиал научно-исследовательского института
электромашиностроения

Поступило 28.VII 1959

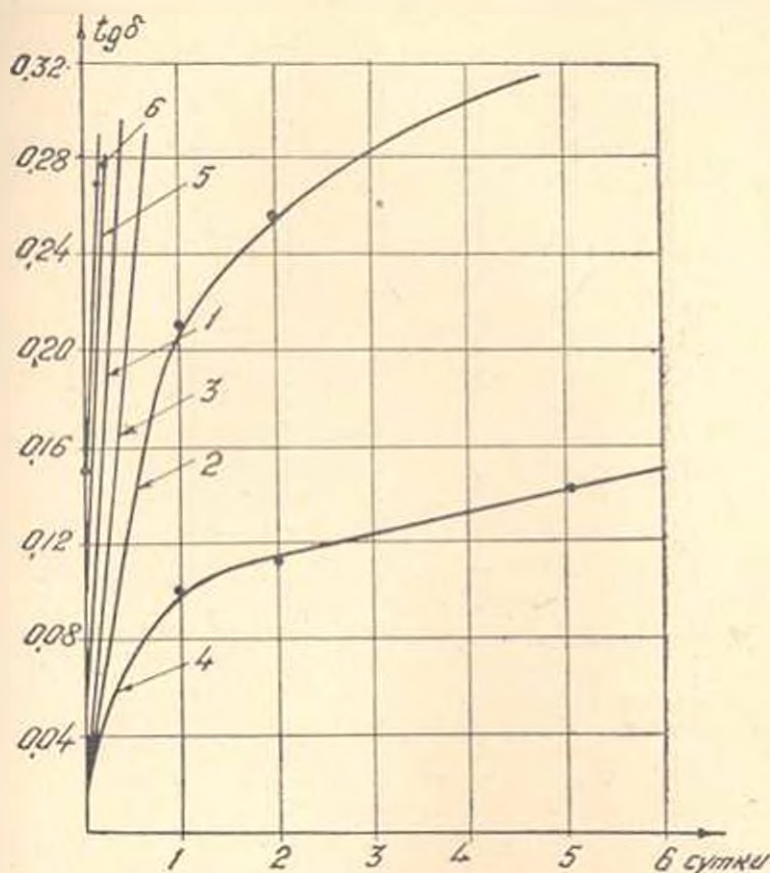


Рис. 6. Зависимость диэлектрических потерь нитрильных латексных пленок от времени пребывания в воде. 1—обычный нитрил .1-7; 2—обычный нитрил .1-7; с синерезисом в горячей воде; 3—нитрил без регулятора; 4—нитрил без регулятора с синерезисом в горячей воде; 5—нитрил с дипроксидным регулятором; 6—нитрил с дипроксидным регулятором и синерезисом в горячей воде.

Մ. Մ. ՄԱՐԿՈՍՅԱՆ, Ս. Բ. ԲԱՐՍԱՅԱՆ

ՊՈԼԻՎՈՐՈՊՈՆԱՅԻՆ ԼԱՏԵԿՍՆԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱՖԻԶԻԿԱԿԱՆ
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՄՏՈՒՄԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ա Մ

Կարելի է շինվածքները բարակ շերտերով ժամկետային համար կառուցողի լատեկսին առկա ճաղատակաբարձար է լինել թեև ռետինը Սինթետիկ լատեկսների կիրառումը հնարավորություն է տալիս փոքրացնել հաղորդականության և կարենների արտադրանքի ծախսերը. փոխարինել ղեկիցիտային նյութերը (բամբակյա թելը, մետաքսը և այլն) և բարձրացնել հաղորդականության և կարենների աշխատանքի տևողությունը:

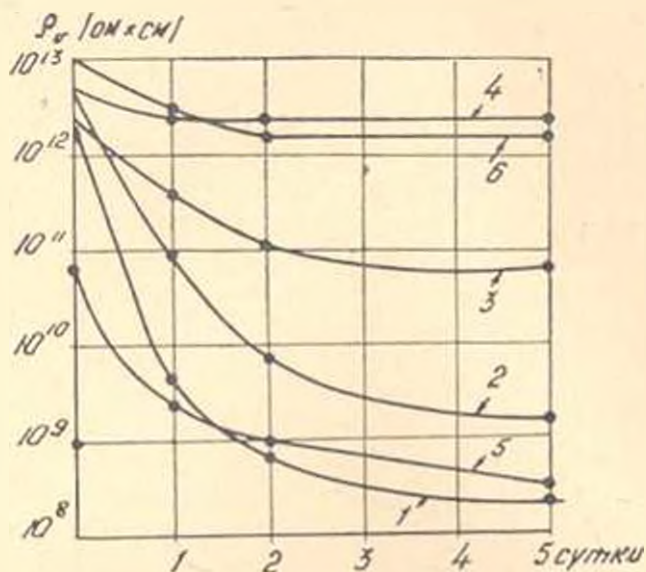


Рис. 7. Зависимость объемного электрического сопротивления от времени пребывания в воде. 1—обычный напирит 11-7; 2—обычный напирит 11-7 с синерезисом в горячей воде; 3—напирит без регулятора; 4—напирит без регулятора с синерезисом в горячей воде; 5—напирит с дитроксилидным регулятором; 6—напирит с дитроксилидным регулятором и синерезисом в горячей воде.

Տվյալ հոդվածում ամփոփված են գիտահետազոտական աշխատանքի արդյունքները, որը կատարված է համաժողովրդական էլեկտրամեխանիկայի գիտահետազոտական ինստիտուտի հայկական ֆիլիալի էլեկտրամեխուսպման և կարելային տեխնիկայի սեկտորի և Կիրովի անվան դործարանի Կենտրոնական գիտահետազոտական լաբորատորիայի հետ համատեղ:

Հետադոտական աշխատանքները կատարված են քլորոպրենային լատեկսների տարրեր տիպերի էլեկտրաֆիզիկական հատկանիշները և նրանց կիրառությունը տեղակայման հաղորդարարությամբ ու ցածր հոսանքի կարելներում հալտնարերելու համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кошгелев Ф. Ф., Клинов Н. С. Общая технология резины. Госхимиздат, 1958.
2. Уитби Г. С. и др. Синтетический каучук. Госхимиздат, 1957.
3. Кузминский А. С. и др. Окисление каучуков и резин. Госхимиздат, 1957.
4. Воюцкий С. С., Штарк Б. В. Физико-химия процессов образования пленок из дисперсий высокополимеров. Госагпром, 1954.
5. Ушина Р. В., Достин М. С. и др. Латексно-каучуковые составы для пропитки шинного корда. «Каучук и резина», 12. 1957.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

*В. А. Веников „Электромеханические переходные процессы
в электрических системах“. М., 1958*

Монография объемом 668 стр. состоит из трех основных частей, первая из которых посвящена элементам теории, вторая — расчету переходных процессов в электрических системах, третья — улучшению пропускной способности и устойчивости электропередачи и электрических систем.

Первая часть книги состоит из четырех глав. В первой главе излагаются основы построения характеристик главных составных частей современных энергосистем различных типов. Приводится система возбуждения генераторов и синхронных компенсаторов, а также требования, предъявляемые к ним при переходных процессах. Даны сведения о системах возбуждения при работе генераторов на дальние электропередачи. Кратко даны характеристики синхронных генераторов и компенсаторов, работающих в простейшей электросистеме. Глава завершается анализом характеристик первичных двигателей генераторов и весьма краткими сведениями о характеристиках нагрузок электрических систем, сведениями о поведении комплексной нагрузки при переходных процессах и об устойчивости нагрузки.

Здесь следует отметить, что завершающая часть главы по содержанию не вполне может удовлетворить читателя. Оправданием для автора может служить то, что затронутый вопрос относится к наиболее слабо разработанным проблемам электроэнергетики.

Во второй главе даны приемы составления уравнений движения ротора генератора. Приводятся графические методы решения задач режимов работы электрических систем. Для облегчения понимания физических процессов, происходящих в электросистеме и для ответа на ряд практических вопросов эксплуатации систем, было бы целесообразно привести полное аналитическое решение дифференциального уравнения относительного движения ротора генератора.

В третьей главе показывается изменение режимов, встречающееся в ряде практически важных случаев. Представляет значительный интерес систематическое изложение вопроса об учете асинхронных двигателей при асинхронном ходе генераторов системы. Следует отметить в этой главе, что, процессам ресинхронизации и самосинхронизации надо было бы уделить больше внимания, особенно для случая синхронных генераторов, работающих в различных исходных режимах.

В четвертой главе приводятся основные сведения о переходных процессах в электрических системах при малых отклонениях скорости и малых изменениях режима. Дается решение уравнения малых колебаний нерегулируемой системы и анализ статической устойчивости с учетом влияния инерции. Рассматриваются устойчивость явнополюсной машины, работающей параллельно с неявнополюсной, а также сложные системы, состоящие из произвольного числа станций.

Вторая часть книги состоит из трех глав (главы 5—7). В пятой главе рассматриваются общепринятые приемы расчета переходных процессов в электрических системах. Компактно излагаются соображения о возможности единого рассмотрения нерегулируемых и регулируемых систем, после чего приводятся практические расчеты статической устойчивости электрических систем.

Шестая глава посвящена проектно-эксплуатационным расчетам динамической устойчивости, учитывающей действие автоматических регуляторов возбуждения и скорости. Особый интерес представляет расчет динамической устойчивости при наличии на передаче инвенторной установки. Глава заканчивается расчетом динамической устойчивости системы и определением коэффициентов запаса.

В седьмой главе автор сжато освещает вопросы, связанные с физическим и математическим моделированием электрических систем. Далее приводятся полезные сведения по применению вычислительных машин дискретного счета для практического анализа переходных процессов, для автоматизации работы электрических систем и для управления переходными процессами в них.

Третья часть книги состоит из четырех глав (главы 8—11). В ней рассматриваются вопросы улучшения характеристик основных элементов электрических систем (генераторов, синхронных компенсаторов, трансформаторов, выключателей, линий электропередачи). Далее систематически излагаются мероприятия по улучшению устойчивости системы, электрическому торможению генераторов во время аварии и т. д. Рассматривается влияние регулирования турбин на устойчивость и механическое торможение гидрогенераторов. В последней главе книги указаны мероприятия режимного характера, направленные на улучшение устойчивости и повышение надежности работы электросистемы. Анализируется влияние резерва мощности на переходные процессы и устойчивость системы.

В заключение считаем необходимым подчеркнуть, что автором дается строгое и удачное изложение проблем электроэнергетики, сложных переходных процессов, протекающих в энергосистемах при различных режимах их работы. Поэтому книга В. А. Веникова является ценным технико-теоретическим учебным руководством для студентов, а также для инженеров и научных работников исследовательских институтов.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Հիդրավիկա

Ա. Կ. Անանյան, Հունական մանրագրերի տեղեկության մի քանի հարցեր	3
Վ. Հ. Ռոմաշով, Հիդրավիկական հարվածը խողովակներում, երկֆազ հեղուկի հարման դեպքում	13

Շինանյութեր

Հ. Ա. Առաքելյան, Բետոնի՝ որոշ երկաթ-ծակոտեղեն նյութի ամրության հաշվարկը	19
Ա. Դ. Հինդլան, Տափաքարերի ջերմահաղորդականության գործակիցների ուսումնասիրությունը	29

Փորձնական ցախազնում

Կ. Հ. Վարդանյան, Տարածական բյուրեղից բաղաձայնը բնական տների նախադրման մի քանի առանձնահատկությունների մասին	43
--	----

Քիմիական հեխանություն

Մ. Մ. Մարկոսյան, Ի. Ի. Բարսեղյան, Պոլիթիորոպրենային լատեկսների էրեկտրահաղորդական հատկությունների հետազոտումը	51
--	----

Պենոպոլիմերային և բիրկոպոլիմերային

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Гидравлика

А. К. Ананян, Некоторые вопросы теории руслового процесса	3
В. О. Токмакжен, Гидравлический удар в трубах при движении двухфазной жидкости	13

Строительные материалы

А. А. Аракелян, Расчет прочности бетона, как капиллярно-пористого материала	19
А. Г. Гиндохн, Исследование коэффициентов переноса тепла туфовых камней	29

Экспериментальное проектирование

А. А. Вардицки, О некоторых особенностях проектирования многоэтажных жилых зданий из прострактвенных блоков	43
---	----

Химическая технология

М. М. Маркосян, С. Т. Барсегян, Исследование электрофизических свойств полихлоропреновых латексов	51
---	----

Критика и библиография