

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

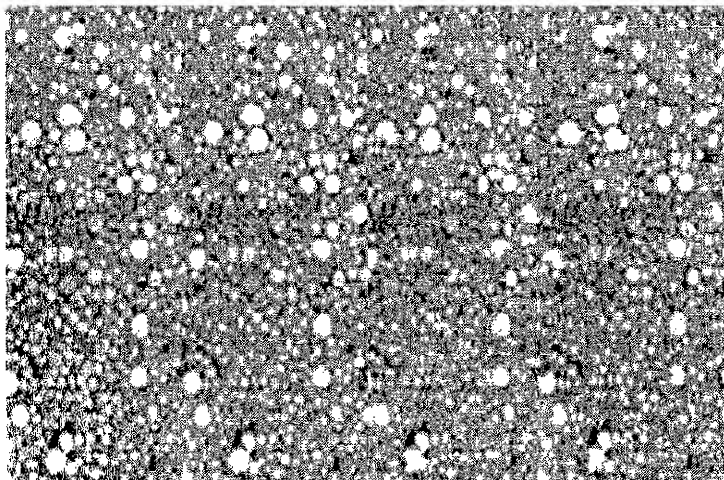
## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ**

**«Основы технологии стеновых отделочных и  
изоляционных материалов»**

**для студентов специальности 70 01 01**  
**«Производство строительных изделий и конструкций»**

**ЧАСТЬ 2**



УДК 691(075)

Методические указания предназначены для закрепления студентами знаний о современных отделочных, изоляционных материалах, методах определения их состава, свойств, выбора технологии изготовления и применения. Издается в 2-х частях. Часть 2.

Составитель: А.И. Пикула, старший преподаватель

Рецензент: зам. директора РУП «Сертис» РУП «Белстройцентр» Н.С.Щербач

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Подбор состава ячеистых бетонов

**Цель работы:** подобрать состав теплоизоляционного ячеистого бетона в зависимости от заданных свойств, применяющихся сырьевых материалов и порообразователей.

#### 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Ячеистые бетоны представляют собой искусственные каменные материалы, состоящие из затвердевшего вяжущего вещества с равномерно распределенными в нем воздушными ячейками (порами). По способу получения ячеистые бетоны делятся на пенобетоны, газобетоны и пеногазобетоны.

По виду вяжущего вещества ячеистые бетоны подразделяются на следующие разновидности: на цементе (пенобетон и газобетон); на известковом вяжущем (пеносиликат и газосиликат); на гипсовом вяжущем (пеногипс и газогипс). Кроме того, при получении ячеистых бетонов могут быть использованы гипсоцементно-пуццолановое вяжущее и смешанное вяжущее, состоящее из портландцемента и извести.

Пористую структуру при получении пенобетонов создают путем перемешивания растворов с предварительно приготовленной пеной или путем введения пенообразователя непосредственно в раствор, что способствует вовлечению пузырьков воздуха внутрь раствора при интенсивном его перемещении с применением вибрационной обработки или без нее.

Для получения стойкой пены в промышленности применяют следующие основные виды пенообразователей: клееканифольный; смолосапониновый; алюмосульфонафтенный; КИСК, состоящий из канифоли, извести, казеинового клея и ССБ.

В качестве порообразователя при производстве газобетонов и газосиликатов применяют алюминиевую пудру марок ПАК-3 и ПАК-4, значительно реже – технический пергидроль, представляющий собой 30%-ый раствор перекиси водорода в воде.

В качестве мелкого заполнителя в ячеистых бетонах чаще всего применяют молотый кварцевый песок и золу-унос, получаемую при сжигании угля и др.

Таблица 1.1

Наименование ячеистого бетона	Способ твердения	Вид вяжущего	Вид порообразователя	Вид заполнителя	$\rho_{гр}^*$ кг/м <sup>3</sup>	$R_{сжм}^*$ МПа
Газобетон	неавто- клавный	ПЦ и из- весть	ПАК-3	Молотый пе- сок	400	2,0
Газосиликат	автоклав- ный	Известь	ПАК-3	Золу-унос	450	12
Пенобетон	То же	Портланд- цемент	Клеекани- фольный	Молотый пе- сок	400	12
Пеносиликат	То же	Известь	КИСК	То же	450	12

#### 2. ЗАДАНИЕ

Работа выполняется бригадами студентов по 2-3 человека. Варианты заданий приведены в табл. 1.1. В процессе работы необходимо выполнение следующих операций:

- 2.1. Подбор состава ячеистого бетона.
- 2.2. Приготовление смеси.
- 2.3. Формование контрольных образцов.
- 2.4. Определение средней плотности ячеистого бетона.
- 2.5. Определение прочности при сжатии ячеистого бетона.
- 2.6. Корректировка состава ячеистого бетона.
- 2.7. Расчет расхода материалов на 1 м<sup>3</sup> готовых изделий.

### 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

#### 3.1. Приборы и материалы

Портландцемент, известь, кварцевый песок, гипс, алюминиевая пудра, вискозиметр Сутгарда, электроглитка, термометр, лабораторная чаша, формы 100x100x100 мм, сушильный шкаф, пропарочная камера, пресс гидравлический, весы лабораторные, мерная посуда.

#### 3.2. Экспериментальная часть

Она складывается из следующих этапов:

- выбор вариантов соотношений между кремнеземистым компонентом и вяжущим веществом;
- определение исходного В/Т;
- расчет расхода материалов на один замес массы ячеистого бетона и подсчет теоретической средней плотности свежееизготовленной ячеистой смеси, соответствующей заданной плотности бетона в сухом состоянии;
- выполнение пробных замесов и изготовление образцов из ячеистой смеси;
- тепловлажностная обработка образцов по заданному режиму;
- испытание образцов, определение оптимального состава и расчет расхода материалов на 1 м<sup>3</sup> ячеистого бетона.

**Выбор соотношения между кремнеземистым компонентом и вяжущим веществом.** Количество вяжущего вещества и кремнеземистого компонента оказывает большое влияние на физико-механические характеристики ячеистого бетона — плотность и прочность.

Неправильно выбранное соотношение может привести к осадке ячеистой массы и снижению прочности изделий.

Соотношение между кремнеземистым компонентом и вяжущим веществом (С) при приготовлении пробных замесов выбирают по табл. 1.2.

Таблица 1.2. Варианты С для пробных замесов ячеистого бетона

Вид ячеистого бетона	Значения С				
	1	2	3	4	5
Автоклавный с применением извести активностью 70%	2,4	2,7	3,0*	3,3	3,6
То же, с применением портландцемента или известково-шлакового цемента	0,75	1,0*	1,25	1,5	1,75
То же с применением смешанного вяжущего или нефелинового цемента	1,0	1,25	1,5*	1,75	2,0
Неавтоклавный с применением портландцемента или смешанного вяжущего	0,5	0,75*	1,0	1,25	1,5

#### Примечания:

1. Для извести активности А (%), варианты С находят умножением табличных данных на величину А/70.

2. Исходную долю извести п в смешанном (известково-цементном) вяжущем принимают для автоклавных бетонов в количестве 50 %, то же, для неавтоклавных бетонов — 25 %.

\*Предпочтительное значение С для каждого вида ячеистого бетона.

При наличии данных о содержании  $CaO$  в извести,  $SiO_2$  в песке и количестве растворимого  $SiO_2$  (в условиях автоклавной обработки) требуемое соотношение песка и извести С для получения бетона заданного минерального состава можно определить по формуле:

$$C = (XO_C) / (YP_X), \quad (1.1)$$

где  $X$  – содержание  $CaO$  в извести,  $O_c$  – коэффициент, учитывающий молярное соотношение  $CaO$  и  $SiO_2$  в гидросиликате,  $Y$  – содержание  $SiO_2$  в песке;  $P_x$  – доля песка, вступающего во взаимодействие с  $CaO$  извести.

Аналогичные формулы могут быть использованы и для расчета состава смеси на основе цемента и песка, смешанного вяжущего (цемент + известь) и песка.

**Определение исходного водотвердого отношения.** В/Т при подборе состава бетонов определяют исходя из условий получения оптимальной консистенции ячеистой смеси, при которой обеспечивается ее необходимая вязкость. Повышенная или пониженная вязкость ячеистой смеси против оптимальной приводит к перерасходу по-рообразователей (разрушение пены, прорыв газов), а в ряде случаев и невозможности получения ячеистого бетона заданной плотности.

За исходное В/Т принимают такую величину, которая соответствует значению текучести суспензии из затворенных минеральных веществ, приведенную в таблице 1.3.

Таблица 1.3 Текучесть песчано-вяжущей суспензии для определения исходного В/Т

Средняя плотность ячеистого бетона в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	Текучесть суспензии, см, для	
	пенобетона	газобетона
400	34	34
500	30	30
600	26	26
700	24	22
900	20	15

Текучесть суспензии определяют по ее распылу (в см) на вискозиметре Суттарда.

Вискозиметр Суттарда состоит из металлического цилиндра с внутренним диаметром 5 см, высотой 10 см и квадратного листового стекла стороной 45 см. На стекло или бумагу, подкладываемую под стекло, нанесены через каждые 0,5... 1 см концентрические окружности диаметром от 6 до 30 см. Перед испытанием цилиндр и стекло протирают тканью, смоченной водой. Стекло кладут строго горизонтально, а цилиндр устанавливают в центре концентрических окружностей так, чтобы внешний контур цилиндра совпал с окружностью диаметром 6 см.

Испытываемую песчано-вяжущую суспензию наливают в цилиндр доверху, а поверхность ее сравнивают с краями цилиндра металлической линейкой. Затем цилиндр резким движением поднимают вертикально вверх; при этом суспензия растекается по стеклу в виде лепешки, диаметр которой обуславливает его консистенцию.

Воду для первого пробного замеса принимают в количестве 45 % для пенобетона и 50 % для газобетона от массы сухой смеси. Для определения текучести раствора на вискозиметре Суттарда требуется 0,4 кг сухой смеси исходного состава (с заданным соотношением вяжущего вещества и кремнеземистого компонента).

Сухую смесь помещают в чашу, тщательно перемешивают и добавляют к ней воду отдельными порциями до получения хорошо смешанной сметанообразной массы.

При подборе состава и изготовлении газобетона с применением в качестве газообразователя алюминиевой пудры следует иметь в виду, что для нормального протекания процессов газообразования и вспучивания температура ячеистой смеси обеспечивается введением воды затворения, подогретой до температуры 70... 80 °С.

Температура раствора для газосиликата 30... 45 °С. Отношение количества воды, взятой для затворения ячеистой массы, при котором получился требуемый распыл раствора на приборе Суттарда, к массе сухих компонентов, есть исходное значение В/Т. В/Т принимают за исходное, если полученная текучесть раствора отклоняется от данных табл. 1.3 не более чем на ± 3 см.

Оптимальный состав ячеистого бетона определяют по результатам испытаний образцов, приготовленных из пробных замесов для значения  $C$  (табл. 1.2) при следующих значениях В/Т: исходном и отличающихся от исходного на  $\pm 0,02 \dots 0,04$ .

**Расчет расхода материалов на один замес массы ячеистого бетона.** Расход материалов (в кг) подсчитывают по следующим формулам:  
Вязущего:

$$P_{\text{вжк}} = \frac{P_{\text{сух}}}{K \cdot (1 + C)} \cdot V; \quad (1.2)$$

Извести:

$$P_{\text{и}} = P_{\text{вжк}} \cdot n; \quad (1.3)$$

Цемент:

$$P_{\text{ц}} = P_{\text{вжк}} - P_{\text{и}}; \quad (1.4)$$

Кремнеземистого компонента:

$$P_{\text{к}} = P_{\text{вжк}} \cdot C; \quad (1.5)$$

Гипса:

$$P_{\text{г}} = 0,03 \cdot P_{\text{вжк}}; \quad (1.6)$$

Расход воды,  $\text{дм}^3$ :

$$V = (P_{\text{вжк}} + P_{\text{к}}) \cdot V / T. \quad (1.7)$$

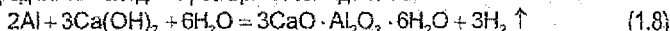
Здесь  $P_{\text{сух}}$  – заданная плотность ячеистого бетона в сухом состоянии,  $\text{кг/дм}^3$ ;

$K$  – коэффициент, учитывающий увеличение массы сухой смеси при твердении за счет связанной воды, принимаемый равным 1,1;

$V$  – объем замеса,  $\text{дм}^3$ ;

$C$  – число частей по массе кремнеземистого компонента, приходящихся на 1 ч. по массе вяжущего вещества.

Теоретический расход газообразователя (алюминиевой пудры) при изготовлении газобетона можно определить исходя из реакции газовыделения:



По этому уравнению 54 г алюминия выделяют 3 грамм-молекулы (или 6 г) водорода; так как объем каждой грамм-молекулы газа при нормальном давлении равен  $22,4 \text{ дм}^3$ , то весь выделившийся водород займет объем:

$$22,4 \cdot 3 = 67,2 \text{ дм}^3.$$

Следовательно, 1г алюминиевой пудры выделит водород в количестве

$$67,2 : 54 = 1,25 \text{ дм}^3.$$

Так как температура газобетонной смеси в момент газовыделения равна примерно  $40^\circ\text{C}$ , то объем водорода  $\text{дм}^3$ , выделяемого 1 г алюминиевой пудры, по закону Гей-Люссака будет:

$$V_t = V_0 \cdot \left(1 + \frac{1}{273} \cdot t\right) = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{1}{273} \cdot 40\right) = 1,42 \quad (1.9)$$

Тогда расход алюминиевой пудры

$$A_T = \frac{V_{\text{пор}}}{V_t}, \quad (1.10)$$

где  $V_{\text{пор}}$  – объем пор в ячеистом бетоне,  $\text{дм}^3$ ;

$$V_{\text{пор}} = V \cdot \left( \frac{P_{\text{и}}}{\rho_{\text{и}}} + \frac{P_{\text{ц}}}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{P_{\text{к}}}{\rho_{\text{к}}} + \frac{V}{1000} \right). \quad (1.11)$$

Здесь  $V$  – объем ячеистого бетона,  $\text{дм}^3$ ;

$P_u, P_a, P_k$  – расход цемента, извести и кремнеземистого компонента на  $V$  ячеистого бетона, кг;

$\rho_u, \rho_a, \rho_k$  – плотности этих материалов, которые с достаточной для расчетов точностью, можно принять равными, кг/дм<sup>3</sup>: для цемента – 3,1; извести – 2,5; песка – 2,6; золы – 2,0;  $B$  – количество воды, идущей на приготовление объема ячеистого бетона, кг.

Практический расход алюминиевой пудры больше теоретически подсчитанного по формуле (1.9) за счет неполного протекания химической реакции между алюминием и гидратом оксида кальция, а также частичной потери образовавшихся газов в окружающую среду.

Для приготовления пробных замесов  $A_n$  подсчитывают по формуле:

$$A_n = \frac{A_T}{K_n} \quad (1.12)$$

где  $A_n$  – практический расход алюминиевой пудры, г;  $A_T$  – теоретический расход алюминиевой пудры, г;  $K_n$  – коэффициент использования порообразователя, ориентировочно принимаемый 0,85.

Для равномерного распределения алюминиевая пудра должна вводиться в воду затворения в виде вводно-алюминиевой суспензии.

Количество пены  $\Pi_o$  на один замес пенобетона определяют по формуле:

$$\Pi_o = \frac{V_{пор}}{K_n}, \quad (1.13)$$

где  $V_{пор}$  – объем пор в ячеистом бетоне, подсчитываемый по формуле (1.11), дм<sup>3</sup>.

Для более точной дозировки в лабораторных условиях пену целесообразно вводить по массе, предварительно определив ее среднюю плотность:

$$\Pi_m = \Pi_o \cdot \rho_n, \quad (1.14)$$

где  $\Pi_m$  – расход пены на один замес по массе, г;  $\Pi_o$  – расход пены на один замес по объему, дм<sup>3</sup>;  $\rho_n$  – средняя плотность пены, г/дм<sup>3</sup>.

**Подсчет теоретической плотности свежеприготовленной ячеистой смеси.**

Теоретическую плотность свежизготовленной ячеистой смеси, соответствующую заданной плотности ячеистого бетона в сухом состоянии, подсчитывается по формуле:

$$\rho_T = \frac{\rho_{сух} \cdot (1 + B/T) + B_n}{K}, \quad (1.15)$$

где  $\rho_T$  – теоретическая плотность свежизготовленной ячеистой смеси, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{сух}$  – заданная плотность ячеистого бетона в сухом состоянии, кг/м<sup>3</sup>;  $B/T$  – исходное водо-твердое отношение;  $K$  – коэффициент, учитывающий увеличение массы сухой смеси в результате твердения вяжущего за связанной воды, принимается равным 1,1;  $B_n$  – количество воды, введенной в смесь с пеной на 1 м<sup>3</sup> пенобетона, дм<sup>3</sup>.

При расчете  $\rho_T$  газобетона  $B_n$  не учитывают. Ориентировочно  $B_n$  принимают для пенообразователя на 1 м<sup>3</sup>: ГК – 35 дм<sup>3</sup>; клееканифольного – 25 дм<sup>3</sup>; смолосапонинового и алюмосульфатанового – 40 дм<sup>3</sup>.

**Приготовление замесов и формование образцов.** После расчета исходного состава приступают к приготовлению замесов с целью выявления оптимального  $B/T$ . Для этого готовят 5 замесов из исходного состава, отличающихся друг от друга  $B/T$  на  $\pm 0,02$  и  $\pm 0,04$ . Из каждого замеса формируют три образца.

Для каждого замеса определяют плотность раствора  $\rho_p$ , кг/дм<sup>3</sup>, контролируют его температуру (для газобетона), а также определяют плотность ячеистой смеси после добавки порообразователя  $\rho_x$ , кг/дм<sup>3</sup>.

По полученным значениям в каждом замесе вычисляют фактическую величину пористости, создаваемую порообразователем:

$$V_{пор}^ф = 1 - \frac{\rho_x - \rho_n}{\rho_p}, \quad (1.16)$$

где  $P_n$  – расход порообразователя для ячеистого бетона (для газобетона можно пренебречь), кг/дм<sup>3</sup>.

Оптимальным считается  $V/T$  состава, не имеющего осадки и показавшего наибольшую пористость.

Для выявления оптимальной температуры раствора (для газобетона) готовят еще три дополнительных замеса с оптимальным  $V/T$ , изменяя температуру раствора в пределах  $\pm 3$  °С от исходной (40 °С).

Оптимальное соотношение между кремнеземистым компонентом и вяжущим веществом находят изменением числа  $C$  (пять замесов по табл. 1.2) с оптимальными значениями  $V/T$  и температуры раствора.

Расход порообразователя для этих замесов уточняют путем умножения расчетного расхода его на поправочный коэффициент  $K$ , вычисляемый из отношения требуемой пористости  $V_{пор}$  к пористости, получившейся в замесе, по которому принято оптимальное  $V/T$ .

Из каждого замеса формируют по 3 – 6 образцов. Формы должны быть хорошо очищены и смазаны, а для газобетона дополнительно подогреты до температуры 40 – 45 °С.

Степень заполнения форм газобетонной смесью устанавливают расчетом по массе или по объему. В первом случае определяют массу газобетонной смеси  $P_{см}$ , укладываемой в форму:

$$P_{см} = 1,1 \cdot (1 - V_{пор}) \cdot \rho_p \cdot V_{ф}, \quad (1.17)$$

где  $V_{ф}$  – объем формы, дм<sup>3</sup>.

Во втором случае определяют высоту заливки  $h$  в долях или процентах от высоты формы:

$$h = 1,1 \cdot (1 - V_{пор}) \quad (1.18)$$

**Приготовление пенобетонной смеси.** Пену готовят в лабораторной пенобетоно-мешалке с объемом пеновзбивателя 15 дм<sup>3</sup>. Количество водного раствора пенообразователя (в дм<sup>3</sup>) на один замес пены принимают 5 – 6 % от объема барабана пеновзбивателя. Время взбивания пены 5 – 6 мин. Затем взвешивают требуемое количество пены и вводят ее в уже готовый раствор при непрерывном перемешивании. Перемешивание заканчивают по получении однородной массы.

Плотность пеномассы  $\rho_x$  определяют взвешиванием ее в сосуде емкостью 0,5 – 1 дм<sup>3</sup>.

**Приготовление газобетонной смеси.** Сначала готовят водно-алюминиевую суспензию. Для этого алюминиевую пудру осторожно высыпают в сосуд, затем вливают в него воду с растворенным в ней поверхностно-активным веществом и взбалтывают. Полученную водно-алюминиевую суспензию вливают в уже готовый раствор при непрерывном перемешивании.

Предварительно подсчитанное количество смеси закладывают в подготовленную (смазанную и подогретую до 40 °С) форму и закрывают прозрачной пластинкой. Вспучивание массы происходит в форме до тех пор, пока масса не заполнит весь объем. Пластинка предохраняет от образования у образца «горбушки» и гарантирует получение плотности не менее заданной.



**Тепловлажностная обработка образцов из ячеистого бетона.** После формования образцы выдерживают при температуре 20 – 25 °С в течение 6 – 8 для пенобетона и 4 – 6 ч для газобетона, после чего производят их тепловлажностную обработку в лабораторном автоклаве или в пропарочной камере.

Общий цикл автоклавной обработки складывается из трех периодов: I – подъем температуры и давления; II – изотермическая выдержка при максимальных температуре и давлении; III – снижение давления до атмосферного.

Рекомендуемые режимы автоклавной обработки образцов: 1) для теплоизоляционного ячеистого бетона средней плотности до 500 кг/м<sup>3</sup> – 3+8+3 при максимальном давлении пара 0,9 МПа и 3+6+3 ч при 1,3 МПа; 2) для теплоизоляционно-конструкционного бетона со средней плотностью более 500 кг/м<sup>3</sup> – 6 +8+6 ч при давлении 9 МПа и 6+6+6 ч при давлении 13 МПа.

Режим пропаривания при атмосферном давлении обычно принимают следующий: подъем температуры от 30 до 90 °С – 3 ч; изотермическая выдержка при 90 °С – 14 ч и снижение температуры до 50 °С – 2 ч.

**Испытание образцов и расчет оптимального состава ячеистого бетона.**

После твердения образцы вынимают из форм, высушивают при температуре 105-110 °С до постоянной массы и определяют плотность и прочность ячеистого бетона при сжатии.

Состав образцов из числа пробных замесов, показавших осадку менее 3 мм и прочность при сжатии (при требуемой плотности ячеистого бетона) не менее заданного, считается оптимальным.

**ВЫВОДЫ**

Результаты подбора состава ячеистого бетона заносятся в табл. 1.4.

На основании полученных данных делают вывод об оптимальном составе ячеистого бетона заданной плотности. Для этого состава подсчитывают расход материалов на 1 м<sup>3</sup> ячеистого бетона.

Таблица 1.4

Заданная плотность ячеистого бетона, кг/м <sup>3</sup>	Соотношение между кремнеземистым компонентом и вяжущим веществом, С	В/Г	Температура раствора, °С	Плотность раствора, кг/м <sup>3</sup>	Плотность ячеистой смеси, кг/м <sup>3</sup>	Фактическая плотность ячеистого бетона, кг/м <sup>3</sup>	Рсж, МПа

**ЛИТЕРАТУРА**

1. ГОСТ 5742-76. Изделия из ячеистых бетонов теплоизоляционные.
2. Горлов Ю.П. Лабораторный практикум по технологии теплоизоляционных материалов. Учеб. пособие для строит. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Школа, 1982. – 239с., ил.
3. Лабораторный практикум по технологии отделочных, теплоизоляционных и гидроизоляционных материалов: Учеб. пособие для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" /В.Н.Соков, Ю.В. Лабзина, Г.П. Федосеев, – М.: Высш. шк., 1991. – 112с.: ил.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Определение свойств минеральной ваты и изделий из неё

**Цель работы:** в первой части работы проводится обучение методам расчёта состава шихты для получения минеральной ваты. При выполнении второй части работы изучаются свойства минераловатных плит различных марок.

#### 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Минеральная вата представляет собой волокнистый материал, получаемый из расплава. Для производства ваты применяют горные породы габбро-базальтового типа и их аналоги, осадочные породы, вулканические шлаки, промышленные отходы, в т.ч. щебень из доменного шлака по ГОСТ 8866, а также смеси перечисленных компонентов и другие сырьевые материалы, обеспечивающие получение минеральной ваты в соответствии с требованиями ГОСТ 4640-93 и прошедшие радиологический контроль.

При производстве ваты из того или иного сырья нередко возникает необходимость введения в состав шихты добавки, имеющей другой химический состав, для получения более качественного волокна.

Вата предназначена для изготовления теплоизоляционных, звукоизоляционных и звукопоглощающих изделий, а также в качестве теплоизоляционного материала в строительстве и промышленности для изоляции поверхностей с температурой до 700°С (товарная вата). Вата относится к группе негорючих материалов.

**Основными характеристиками** определяемыми для минеральной ваты являются:

- модуль кислотности;
- средняя плотность;
- диаметр волокон;
- водостойкость;
- количество неволоконистых включений (корольков);
- теплопроводность;
- влажность;
- содержание органических веществ.

Для характеристики химического состава сырья и самой ваты пользуются величиной **модуля кислотности**, который представляет собой отношение суммы кислотных оксидов ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ), содержащихся в сырье или вате, к сумме основных оксидов ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ).

$$M_k = \frac{\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{CaO} + \% \text{MgO}} \geq 1,2 \quad (2.1)$$

В соответствии с ГОСТ 4640-93 модуль кислотности минеральной ваты должен быть не менее 1,2. Химический анализ для его определения проводят по ГОСТ 2642.3, ГОСТ 2642.4, ГОСТ 2642.7, ГОСТ 2642.8.

Вату в зависимости от диаметра волокна подразделяют на три вида: **ВМСТ** - вата минеральная из супертонкого волокна диаметром от 0,5 до 3 мкм; **ВМТ** - вата минеральная из тонкого волокна диаметром от 3 до 6 мкм; **ВМ** - вата минеральная диаметром волокна от 6 до 12 мкм.

Вату вида ВМ в зависимости от значения модуля кислотности подразделяют на три типа:

**А** - с модулем кислотности **свыше 1,6**;

**Б** - с модулем кислотности " **1,4 до 1,6**

**В** - с модулем кислотности " **1,2 " 1,4**.

Вата вида ВМСТ и ВМТ по модулю кислотности относится к типу А.

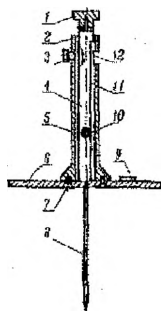
**Водостойкость** определяют по РН раствора состоящего из порошка минеральной ваты массой 0,5 г, нескольких капель этилового спирта и 100 мл 0,01 н раствора соляной кислоты. Порошок получают из минеральной ваты предварительно прокаленной при  $T = (600 \pm 10)^\circ\text{C}$  в течение 20 мин (для удаления органических веществ), и растёр-

той в фарфоровой ступке до прохождения порошка через сито с сеткой № 005. РН для ваты вида ВМ типа А не более 4, Б не более 5, В не более 7. Для ваты ВМСТ и ВМТ уровень РН не более 4.

**Содержание неволокнистых включений** определяют по остатку на сите с сеткой N 025 от специально подготовленной пробы, который взвешивают с погрешностью не более  $\pm 0,1$  г. Пробу для этого определения прокаливают в электропечи при температуре  $(600 \pm 10)^\circ \text{C}$  в течение 20 мин и перерабатывают на устройстве для определения неволокнистых включений в минеральной вате по ТУ 36-1587 в течение 15 минут. Оставшиеся после переработки включения и просеивают через сито. Содержание неволокнистых включений в вате вида ВМ типа А не более 12, Б - не более 20, В - не более 25%. Для ваты ВМСТ и ВМТ - не более 5 и 8% соответственно.

**Средний диаметр волокон для ваты ВМСТ** (до 3 мкм) определяют по сопротивлению слоя испытуемого волокна воздушному потоку (по ГОСТ 4640-97). Для ваты ВМТ и ВМ с помощью микроскопа, при увеличении не менее чем в 600 раз, по шкале, нанесённой на окуляр (по ГОСТ 17177-94).

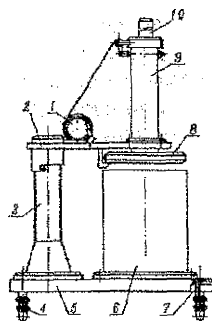
**Среднюю плотность минеральной ваты** определяют по ГОСТ 17177-94. Объем рыхлого волокнистого материала  $V$  определяют на приборе (рис.1) под удельной нагрузкой  $(2000 \pm 30)$  Па. При определении плотности плоских, фасонных и шнуровых волокнистых изделий их толщину для расчёта объёма, измеряют толщиномером (рис. 2). Масса основания 6 с корпусом 5 толщиномера должна создавать удельную нагрузку  $(500 \pm 7,5)$  Па.



**Рис 1. Толщиномер для проб рыхлых волокнистых материалов.** 1 – хвостик; 2- кронштейн; 3- колонна; 4 – установочный винт; 5 – основание; 6- цилиндр; 7- задвижка; 8- диск; 9-корпус; 10-шток.

**Рис 2. Толщиномер для плоских, фасонных или шнуровых изделий.**

1-ручка; 2-втулка; 3-зажимной винт; 4-вставка; 5-корпус; 6-основание; 7-креплёжный винт; 8-игла; 9-табличка; 10-креплёжный винт; 11- шкала; 12-стёкло.



**Условное обозначение ваты** состоит из наименования продукции, ее вида, типа (для ваты ВМ) и обозначения стандарта. Пример условного обозначения в технической документации минеральной ваты из супертонкого волокна вида ВМСТ:

**Вата минеральная ВМСТ ГОСТ 4640-93.**

То же минеральной ваты вида ВМ типа А:

**Вата минеральная ВМ-А ГОСТ 4640-93.**

## 2. ЗАДАНИЕ

- 2.1. Рассчитать состав сырьевой шихты по заданному модулю кислотности  $M_k$ . Варианты исходных данных находятся в таблице 2.1. Расчёт производится по одному из приведённых ниже способов и определяется расход сырьевых материалов для получения 1т минеральной ваты.
- 2.2. Определить влажность минераловатных плит.
- 2.3. Определить среднюю плотность минераловатных плит.
- 2.4. Определить водопоглощение минераловатных плит.
- 2.5. Определить прочность минераловатных плит на сжатие при 10%-ной деформации.

## 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

### 3.1. Приборы и материалы

Сушильный электрошкаф, весы, линейка металлическая, ванна из нержавеющей материала, пресс гидравлический, лабораторная посуда.

### 3.2 Экспериментальная часть.

#### Методы расчёта состава шихты

##### 3.2.1. Метод составления и решения алгебраических уравнений

Обычно шихта для производства минеральной ваты состоит из двух видов сырья, поэтому при расчёте шихты составляют и решают систему двух уравнений с двумя неизвестными  $x$  и  $y$ , выражающими количество составных частей шихты.

Одно из уравнений имеет вид  $x + y = 1$ , а другое уравнение представляет собой выражение модуля кислотности

$$\frac{(\text{SiO}'_2 + \text{Al}_2\text{O}'_3) \cdot x + (\text{SiO}''_2 + \text{Al}_2\text{O}''_3) \cdot y}{(\text{CaO}' + \text{MgO}') \cdot x + (\text{CaO}'' + \text{MgO}'') \cdot y} = M_k, \quad (2.2)$$

где  $\text{SiO}'_2, \text{Al}_2\text{O}'_3, \text{CaO}', \text{MgO}'$  — содержание соответствующих окислов в первом виде сырья, %;  
 $\text{SiO}''_2, \text{Al}_2\text{O}''_3, \text{CaO}'', \text{MgO}''$  — содержание тех же окислов во втором виде сырья, %;

$M_k$  — величина заданного модуля кислотности.

Решая уравнения относительно  $x$  и  $y$ , получают содержание сырьевых материалов в шихте в долях единицы, а затем выражают состав шихты в процентах по массе. Расхождение величины модуля кислотности заданного и полученного в результате расчёта не должно превышать 5%.

Таблица 2.1 Варианты химического состава исходных сырьевых материалов для производства минерального волокна

№ варианта	Наименование сырьевых материалов	Содержание окислов, % по массе											Мк	W, %	Способ переработки расплава в волокно
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	S	SO <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	п.п.п			
1	Доменный шлак Кирпичный бой	41,2	3,79	48,1	2,62	—	0,64	3,12	1,4	—	—	—	1,5	6	Многовалковая центрифуга
		71,7	16,2	2,2	1,9	5,6	—	—	—	—	2,4	—		2	
2	Доменный шлак Кирпичный бой	33,5	7,33	26,3	8,4	17,77	—	5,25	0,4	—	—	1,51	1,7	7	Пародутьевая установка
		65,6	14,62	6,22	2,25	7,46	—	—	—	0,1	3,71	—		3	
3	Мартеновский шлак Бой силикатного кирпича	23,3	3,92	44	12,02	8,38	—	8,46	0,1	—	—	—	1,3	8	То же
		84,9	1,35	5,5	0,54	1,15	—	—	—	0,34	1,89	4,5		4	
4	Доменный шлак Кирпичный бой	38,2	15,08	33,3	8,11	0,52	—	3,26	0,5	—	—	0,22	1,6	6	Центробежно- дутьевая уста- новка
		61,8	16,75	7,77	2,64	6,89	—	—	—	0,4	3,89	—		2,5	
5	Мартеновский шлак Бой силикатного кирпи- ча	18,7	11,33	37,1	15,57	13,37	—	4,19	0,2	—	—	—	1,2	7	Многовалковая центрифуга
		77	1,4	12,3	0,3	1,2	—	—	—	0,6	—	7,2		3,5	
6	Доламитизированный мергель Глинистый сланец	41,5	6,7	31,1	15,5	5	—	—	—	0,2	—	—	1,7	5	Пародутьевая установка
		53,8	18,82	2,32	4,8	11,02	—	—	—	0,81	—	7,41		7	
7	Гранит Известняк	70,3	13,04	2,19	0,98	5,54	—	—	—	0,11	7,58	0,27	1,3	2	Дисковая цен- трифуга
		1,9	0,11	54,1	0,39	0,49	—	—	—	0,2	—	42,79		4	
8	Базальт Доломит	51,2	13,7	9,14	6,06	6,26	9,22	—	—	—	2,011	1,74	1,5	2	Центробежно- дутьевая уста- новка
		0,44	0,2	31,8	20,72	0,34	—	—	—	—	—	46,94		3	
9	Диабаз Известняк	47,2	14,09	10,6	6,12	6,49	8,65	1,29	—	—	3,5	1,49	1,4	3	Многовалковая центрифуга
		0,7	0,19	54,3	0,71	0,31	—	—	—	—	—	42,79		5	
10	Сланец хлоритовый Доломит	50,1	14,77	9,2	6,41	14,23	—	0,36	—	—	3,62	1,33	1,6	6	Пародутьевая установка
		0,72	—	30,9	21,18	—	—	—	—	0,37	—	47,12		4	
11	Габбро Известняк	46,8	16,96	10	6,34	5,5	8,08	—	—	—	3,59	2,72	1,2	2	Центробежно- дутьевая установка
		1,36	0,65	44,2	8,68	1,12	—	—	—	0,05	—	43,95		5	
12	Мартеновский шлак Кирпичная глина	23,3	3,92	44	12,02	8,38	—	8,46	0,1	—	—	—	1,4	7	Многовалковая центрифуга
		76,4	6,39	2,19	1,09	2,92	—	—	—	—	—	9,04		8	

### 3.2.2. Метод последовательных приближений

Этот метод состоит в том, что, задаваясь содержанием какого-либо одного химического окисла в получаемой минеральной вате и зная содержание этого окисла в составе сырьевых материалов, в порядке определённой очередности находят количество отдельных частей шихты. Таким окислом обычно является один из окислов, определяющий величину модуля кислотности, чаще всего  $\text{SiO}_2$ .

Из двух видов сырьевых материалов, составляющих шихту, один считают основным, а второй — дополнительным, количество которого выражают через  $x$ . Далее задаются оптимальным содержанием  $\text{SiO}_2$  в расплаве ( $a$ ). Зная процентное содержание  $\text{SiO}_2$  в основном и дополнительном сырье ( $b$  и  $v$ ), составляют уравнение  $a = b+x(v-b)$ , откуда определяют  $x = (a-b)/(v-b)$ .

Вычислив количество дополнительного сырья ( $v$  долей единицы), находят путём вычитания его из единицы количества основного сырья ( $1-x$ ). Затем определяют процентное содержание отдельных химических окислов в составе шихты, как показано на следующем примере.

Пусть содержание  $\text{SiO}_2$  в основном и дополнительном видах сырья будет  $n$  и  $m$ , %, тогда содержание  $\text{SiO}_2$  в составе шихты можно выразить равенством

$$\% \text{SiO}_2 = n \cdot (1-x) + m \cdot x. \quad (2.3)$$

Так же находят содержание и других окислов, определяющих модуль кислотности, т.е.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$ .

Подставляя найденные значения этих четырёх окислов в формулу для определения модуля кислотности, находят его величину. Если модуль кислотности оказался в заданных пределах, то расчёт состава шихты на этом заканчивают, пересчитывая только содержание обоих видов сырья с долей единицы в проценты по массе, и вносят поправку на влажность материалов.

Если же полученный модуль кислотности выходит за пределы заданных значений, то задаются другой величиной содержания  $\text{SiO}_2$  в составе шихты и повторяют расчёт. При излишне высоком значении  $M_k$  для повторного расчёта принимают меньшее содержание  $\text{SiO}_2$ , а при недостаточной величине  $M_k$  берут меньшее содержание  $\text{CaO}$  в составе шихты.

### Определение основных физико-механических характеристик

#### 3.2.3. Определение влажности минераловатных плит

Образец взвешивают, высушивают в сушильном электрошкафу до постоянной массы при температуре  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ . Взвешивание производят с погрешностью 0,01г. Влажность  $W$  в процентах вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\%, \quad (2.4)$$

где  $m_1$  — масса образца до высушивания, г;

$m_2$  — масса высушенного образца, г.

#### 3.2.4. Определение плотности минераловатных плит

Образец взвешивают с погрешностью не более 0,1%. Затем определяют его размеры (длину, ширину, высоту) и вычисляют его объём. Плотность  $\rho$  в  $\text{кг/м}^3$  вычисляют по

формуле 
$$\rho = \frac{m}{V \cdot (1 + 0.01 \cdot W)}, \quad (2.5)$$

где  $m$  — масса образца, кг;  
 $W$  — влажность образца, определённая ранее %;  
 $V$  — объём образца, м<sup>3</sup>.

### 3.2.5. Определение водопоглощения минераловатных плит

Образцы помещают в ванну на сетчатую подставку и фиксируют их положение пригрузом. Затем заливают в ванну воду температурой  $(22 \pm 5)^\circ\text{C}$  так, чтобы образец был погружен не более чем до половины толщины. Через 3ч в ванну доливают воду в таком количестве, чтобы уровень воды был выше пригруза на 20–40мм. Через 24ч после залива первой порции воды образцы переносят на сетчатую подставку и через 30с взвешивают на сухом поддоне с погрешностью не более 1г. Массу воды, вытекающей из образца во время взвешивания в поддон, включают в массу насыщенного водой образца. Водопоглощение  $W_n$  в

процентах вычисляют по формуле:

$$W_n = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\%, \quad (2.6)$$

где  $m_1$  — масса образца после насыщения водой, г;  
 $m_2$  — масса предварительно высушенного образца, г.

### 3.2.6. Определение прочности на сжатие при 10%-ной деформации

Испытание проводят на прессах, позволяющих измерить величину нагрузки с погрешностью, не превышающей 1,0 % от величины сжимающего усилия. Рядом с испытуемым образцом ставится упор высотой 90 % от высоты образца. Образец устанавливается на нижнюю плиту пресса таким образом, чтобы сжимающее усилие действовало по оси образца, и производится сжатие до тех пор, пока линейная деформация образца не достигнет 10%. По достижении 10%-ной линейной деформации образца определяют нагрузку, вызвавшую такую деформацию. Отсчет деформации образцов начинают при удельной нагрузке на образец  $(2000 \pm 100)$ Па. Прочность на сжатие при 10%-ной деформации  $R_{сж}$ , в МПа вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{S} \cdot 10^{-6} \quad (2.7)$$

где  $P$  — величина нагрузки при 10%-ной линейной деформации, Н;

$S$  — площадь поперечного сечения образца перед сжатием, м<sup>2</sup>.

Результаты испытаний физико-механических свойств минераловатных плит записывают в таблицу 2.2 по следующей форме:

Таблица 2.2

Влажность $W$ , %	Средняя плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение $W_n$ , %	Прочность на сжатие при 10%-ной линейной деформации $R_{сж}$ , МПа
-------------------	--	--------------------------	--

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

### *Изготовление эпоксидно-битумной мастики и исследование её свойств*

**Цель работы:** сравнение химической стойкости обычных тяжелых бетонов без покрытия и с покрытием из эпоксидно-битумной мастики к растворам 15%-ой концентрации серной кислоты и соли  $MgCl_2$ .

### 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Кровельные и гидроизоляционные мастики (согласно ГОСТ 30693-2000), классифицируют по следующим основным признакам: назначению; виду основных исходных компонентов; виду разбавителя; характеру отверждения; способу применения.

По **назначению** мастики подразделяют на: **кровельные**, предназначенные для устройства мастичных и ремонта всех типов кровель; **приклеивающие**, предназначенные для приклеивания рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов и устройства защитных слоев кровель; **гидроизоляционные**, предназначенные для устройства мастичных слоев гидроизоляции; **пароизоляционные**, предназначенные для устройства мастичных слоев пароизоляции.

В зависимости от вида основных исходных компонентов мастики подразделяют на: **битумные**; **битумно-эмульсионные**; **битумно-резиновые**; **битумно-полимерные**; **полимерные**.

По **виду разбавителя** мастики подразделяют на содержащие: **воду**; **органические растворители**.

По **характеру отверждения** мастики подразделяют на: **отверждаемые** (в том числе вулканизирующиеся); **неотверждаемые**.

Отверждаемые мастики могут быть одно- и многокомпонентными.

По **способу применения** мастики подразделяют на: **горячие** — с предварительным подогревом перед применением; **холодные** — не требующие подогрева (содержащие растворитель и эмульсионные).

Штукатурная гидроизоляция представляет собой многослойные водонепроницаемые покрытия толщиной 5-50 мм. Составы для штукатурной гидроизоляции, в отличие от составов для окрасочной гидроизоляции, обладают меньшей подвижностью, включают, как правило, более крупные наполнители и наносятся на изолируемую поверхность штукатурными способами.

Основными материалами для устройства штукатурной гидроизоляции являются: торкрет — раствор, коллоидный цементный раствор, коллоидный полимерцементный раствор, асфальтовые (горячие и холодные) растворы, битумно-полимерные и полимерные мастики. Покрытия из мастичных материалов выполняют не только антифильтрационные, но и антикоррозионные функции.

К числу материалов для химически стойких гидроизоляционных защитных покрытий в первую очередь относятся эпоксидно-битумные мастики.

Покрытия на основе эпоксидов, модифицированных битумами, имеют высокую прочность, трещиностойкость, водонепроницаемость, хорошую адгезию к бетону, металлу и другим материалам, в сочетании с надежной стойкостью к целому ряду кислот, щелочей и солей.



## 2. ЗАДАНИЕ

Сравнить химическую стойкость обычных тяжелых бетонов без покрытия и с покрытием из эпоксидно-битумной мастики к растворам 15%-ой концентрации серной кислоты и соли  $MgCl_2$ .

## 3. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

### 3.1. Приборы и материалы

Сушильный электрошкаф; пресс гидравлический; мерная посуда; весы лабораторные.

### 3.2. Экспериментальная часть

Для испытаний готовят образцы – кубики размером 5х5х5 см из цементного бетона. На образцы с помощью шпателя наносят штукатурный слой эпоксидно-битумной мастики толщиной 3...4 мм и вместе с контрольными образцами (без покрытия) выдерживают в химических растворах не менее 14 суток.

Эпоксидно-битумную мастику приготавливают следующим образом.

Битум марки БН-70/30 или БН-90/10, разжиженный стиролом в соотношении 2:1, тщательно смешивают с эпоксидным олигомером ЭД-16 или ЭД-20. Затем в смесь вводят наполнитель и после перемешивания добавляют отвердитель эпоксидного олигомера – полиэтиленполиамин.

Состав эпоксидно-битумной мастики, масс.ч.:

- Эпоксидный олигомер - 100;
- Битум строительный - 100;
- Стирол - 50;
- Полиэтиленполиамин - 10;
- Кварцевый песок тонкомолотый - 300;

После выдержки образцы высушивают и подвергают испытаниям на прочность при сжатии, а затем подсчитывают коэффициент химической стойкости испытанных материалов.

## ВЫВОДЫ

Результаты испытаний записывают в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 **Результаты испытания материалов на химическую стойкость**

Вид бетона	Предел прочности при сжатии после выдержки, МПа			Коэффициент кислотостойкости	Коэффициент солевостойкости
	в нормальных условиях	в растворе кислоты	в растворе соли		
Цементный бетон					
Цементный бетон с покрытием					

Учебное издание

Составитель: Пикула Александр Иванович

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ**

**«Основы технологии стеновых отделочных и  
изоляционных материалов»**

для студентов специальности 70 01 01  
**«Производство строительных изделий и конструкций»**

**ЧАСТЬ 2**

Ответственный за выпуск: А.И. Пикула  
Редактор: Т.В. Строкач  
Компьютерная верстка: Е.А. Боровикова  
Корректор: Е.В. Никитчик

---

Подписано к печати 5.07.2007 г. Формат 60x84 1/16. Бумага «Снегурочка».  
Гарнитура Arial Narrow. Усл. п. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,25. Тираж 70 экз. Заказ № 704.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет».  
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.