

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

О.В. Третьякова, С.В. Леонтьев, М.Д. Холянова

ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Лабораторный практикум

Утверждено

Редакционно-издательским советом университета

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2023

УДК 69.059.1+721.012+696/697](076.5)

ББК 38.5я73

T66

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент *А.Н. Шихов*

(Пермский государственный аграрно-технологический университет им. акад. Д.Н. Прянишникова);

канд. техн. наук, доцент *В.А. Шаманов*

(Пермский национальный исследовательский политехнический университет)

Третьякова, О.В.

T66 Основы строительства и эксплуатации зданий, сооружений и инженерных систем: лабораторный практикум / О.В. Третьякова, С.В. Леонтьев, М.Д. Холянова; ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. – 33 с.

ISBN 978-5-398-03085-3

Приведены рекомендации для проведения лабораторных работ по дисциплине «Основы строительства и эксплуатации зданий, сооружений и инженерных систем», а также методики изучения структуры и свойств строительных материалов и грунтов.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистратуры «Техническая и строительно-техническая судебная экспертизы».

УДК 69.059.1+721.012+696/697](076.5)

ББК 38.5я73

ISBN 978-5-398-03085-3

© ПНИПУ, 2023

Содержание

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ	4
1. Теоретическая часть	4
2. Практическая часть	4
2.1. Определение плотности грунта методом режущего кольца	4
2.2. Определение плотности грунта методом взвешивания в воде	6
2.3. Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом	7
2.4. Определение влажности грунта методом высушивания до постоянной массы	9
2.5. Определение показателей пластичности пылеватоглинистых грунтов	10
Список рекомендуемой литературы	13
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА	15
1. Теоретическая часть	15
2. Практическая часть	15
2.1. Определение прочности на растяжение при изгибе	15
2.2. Определение прочности бетона на сжатие	17
Список рекомендуемой литературы	19
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	20
1. Теоретическая часть	20
2. Практическая часть	20
2.1. Определение характеристик теплоизоляционных материалов	20
2.2. Исследование свойств теплоизоляционных засыпок на примере пенополистирола и вермикулита	26
Список рекомендуемой литературы	26
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	28
1. Теоретическая часть	28
2. Практическая часть	28
2.1. Проверка внешнего вида материалов	28
2.2. Определение линейных размеров и площади полотна	28
2.3. Определение разрывной силы при растяжении и удлинении после разрыва	29
2.4. Определение класса по водонепроницаемости	30
2.5. Определение массы 1 м ² материала	31
Список рекомендуемой литературы	32

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

Цель работы – сформировать у обучающихся представление о физических свойствах грунта, определяемых экспериментально, и методах их определения.

1. Теоретическая часть

Различают физические, прочностные и деформационные характеристики грунта. Характеристики физического состояния подразделяются на свойства, определяемые экспериментально, и вычисляемые показатели. К свойствам, определяемым из опыта, относятся плотность грунта, плотность частиц грунта и влажность. Для определения консистенции пылеватого-глинистого грунта находят характерные величины влажности, соответствующие границе раскатывания и границе текучести.

2. Практическая часть

Физические характеристики следует определять не менее чем для двух параллельных проб, отбираемых из исследуемого образца грунта.

2.1. Определение плотности грунта методом режущего кольца

Оборудование и материалы: режущее кольцо, лабораторные весы, штангенциркуль, нож, вазелин или консистентная смазка.

Подготовка к испытаниям:

1. Штангенциркулем измеряют внутренний диаметр и высоту кольца с погрешностью не более 0,1 мм и определяют объем кольца V (см³) с точностью 0,1 см³ по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}, \quad (1)$$

где d – внутренний диаметр кольца, см;

h – высота кольца, см.

2. Взвешивают кольцо (определяют массу кольца m_1).

Проведение испытаний:

1. Внутреннюю сторону кольца смазывают тонким слоем вазелина или консистентной смазки.
2. Режущее кольцо заполняют грунтом, вдавливая его в монолит грунта.
3. Наружную поверхность кольца очищают от грунта.
4. Срезают ножом грунт, выступающий за края кольца.
5. Взвешивают кольцо с грунтом (определяют массу кольца с грунтом m_2).
6. Опыт повторяют.

Обработка результатов:

1. Плотность грунта ρ (г/см³) вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}, \quad (2)$$

где m_2 – масса кольца с грунтом, г;

m_1 – масса кольца, г;

V – внутренний объем кольца, см³.

2. Полученные данные заносят в табл. 1.

Таблица 1

Результаты определения плотности грунта
методом режущего кольца

№ п/п	Масса, г			Объем грунта V , см ³	Плотность грунта ρ , г/см ³	
	пустого кольца m_1	кольца с грунтом m_2	грунта $m = m_2 - m_1$		образца	средняя
1						
2						
3						

Вывод: значение естественной плотности грунта, полученное методом режущего кольца, составляет: _____.

2.2. Определение плотности грунта методом взвешивания в воде

Оборудование и материалы: нож, лабораторные весы, нить, парафин, песчаная баня, штатив.

Подготовка к испытаниям:

1. Вырезают образец грунта объемом не менее 50 см^3 и придают ему округлую форму.
2. Обвязывают образец тонкой и прочной нитью со свободным концом для удобства парафинирования и взвешивания.
3. Нагревают парафин до температуры $57\text{--}60 \text{ }^\circ\text{C}$.

Проведение испытаний:

1. Взвешивают образец грунта, обвязанный нитью, на воздухе (m).
2. Покрывают образец грунта парафиновой пленкой, погружая его на $2\text{--}3 \text{ с}$ в расплавленный парафин. Пузырьки воздуха, обнаруженные в парафиновой пленке, удаляют прокалыванием и заглаживанием места прокола нагретой иглой.
3. Охлажденный образец парафинированного грунта взвешивают на воздухе (m_1).
4. На весы устанавливают сосуд с водой и взвешивают его (m_3). Затем в жидкость погружают образец, подвешенный к штативу, и вновь взвешивают сосуд с водой и погруженным в нее образцом (m_4).
5. Опыт повторяют.

Обработка результатов:

1. Плотность грунта ρ ($\text{г}/\text{см}^3$) вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m \cdot \rho_p \cdot \rho_w}{\rho_p \cdot (m_4 - m_3) - \rho_w \cdot (m_1 - m)}, \quad (3)$$

где m – масса образца грунта до парафинирования, г;

ρ_p – плотность парафина, принимаемая равной $0,900 \text{ г}/\text{см}^3$;

ρ_w – плотность воды при температуре испытаний, $\text{г}/\text{см}^3$;

m_4 – масса сосуда с водой и погруженным в нее парафинированным образцом, г;

m_3 – масса сосуда с водой, г;

m_1 – масса парафинированного образца грунта, г.

2. Полученные данные заносят в табл. 2.

Таблица 2

Результаты определения плотности грунта методом
взвешивания в воде

№ п/п	Масса, г			Плотность грунта ρ , г/см ³	
	грунта до парафи- нирования m	парафиниро- ванного грунта m_1	парафиниро- ванного грунта в воде $m_2 = m_4 - m_3$	образца	средняя
1					
2					
3					

Вывод: значение естественной плотности грунта, полученное методом парафинирования, составляет: _____.

2.3. Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом

Оборудование и материалы: пикнометры вместимостью не менее 100 см³, сушильный шкаф, лабораторные весы, стеклянные бюксы, термометр, песчаная баня, дистиллированная вода, ступка с пестиком, сито с отверстием 2 мм (002).

Подготовка к испытаниям:

1. Измельчают образец грунта в фарфоровой ступке и отбирают среднюю пробу массой 100–200 г, просеивают ее сквозь сито 002.

2. Из перемешанной средней пробы берут навеску грунта (m_0) 15 г на 100 мл емкости пикнометра, высушивают навеску до постоянной массы.

3. Кипятят дистиллированную воду в течение 1 ч и хранят в закупоренной бутылки.

Проведение испытаний:

1. Взвешивают пустой пикнометр (m_n).

2. Наполняют пикнометр на 1/3 дистиллированной водой.

3. Засыпают в пикнометр высушенную пробу грунта.

4. Взбалтывают пикнометр с водой и грунтом и ставят на песчаную баню. Продолжительность спокойного кипячения (с момента начала кипения) должна составлять:

- для песков и супесей 30 мин,
- для суглинков и глин 1 ч.

5. Охлаждают пикнометр и доливают дистиллированной водой до мерной риски на горлышке.

6. Взвешивают пикнометр с водой и грунтом (m_1).

7. Выливают содержимое пикнометра, наливают дистиллированной воды до риски, взвешивают (m'_2).

Обработка результатов:

1. Объем пикнометра $V_{\text{п}}$ вычисляют по следующей формуле:

$$V_{\text{п}} = \frac{m'_2 - m_{\text{п}}}{\rho_w}, \quad (4)$$

где m'_2 – масса пикнометра с дистиллированной водой, г;

$m_{\text{п}}$ – масса пустого пикнометра, г;

ρ_w – плотность воды, г/см³ (при 12–18 °С $\rho_w = 0,999$ г/см³, при 19–23 °С $\rho_w = 0,998$ г/см³).

2. Массу пикнометра с дистиллированной водой m_2 при температуре испытаний вычисляют по формуле

$$m_2 = m_{\text{п}} + \rho_w \cdot V_{\text{п}}. \quad (5)$$

3. Плотность частиц грунта ρ_s (г/см³) вычисляют по следующей формуле:

$$\rho_s = \frac{\rho_w \cdot m_0}{m_0 + m_2 - m_1}, \quad (6)$$

где m_0 – масса сухого грунта, г;

m_1 – масса пикнометра с водой и грунтом после кипячения, г.

4. Полученные данные заносят в табл. 3.

Таблица 3

Результаты определения плотности частиц грунта
пикнометрическим методом

№ п/п	Масса пикнометра, г				Масса сухого грунта m_0 , г	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	
	пустого m_n	с дистил-лиро- ванной водой m'_2	с дистил-лиро- ванной во- дой (расчетная) m_2	с водой и грунтом по- сле кипяче- ния m_1		образца	средняя
1							
2							
3							

Вывод: значение плотности частиц грунта, определенное пикнометрическим методом, составляет: _____.

2.4. Определение влажности грунта методом высушивания до постоянной массы

Оборудование и материалы: сушильный шкаф, лабораторные весы, стеклянные бюксы.

Подготовка к испытаниям.

Отбирают пробу грунта массой 15–50 г, помещают в заранее взвешенную стеклянную бюксу с крышкой (m).

Проведение испытаний:

1. Взвешивают пробу грунта в закрытой бюксе (m_1).
2. Открытую бюксу помещают в нагретый сушильный шкаф. Высушивают грунт до постоянной массы в следующих режимах:

- для песчаных грунтов: при температуре (105 ± 2) °С в течение 3 ч, последующее высушивание в течение 1 ч;

- для заглинистых грунтов: при температуре (80 ± 2) °С в течение 8 ч, последующее высушивание в течение 2 ч;

- для остальных грунтов: при температуре (105 ± 2) °С в течение 5 ч, последующее высушивание в течение 2 ч.

3. После каждого высушивания бюксу с грунтом взвешивают (m_0) до тех пор, пока разница между двумя взвешиваниями будет не более 0,02 г.

Обработка результатов:

1. Влажность грунта w (%) вычисляют по формуле

$$w = 100 \cdot \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m}, \quad (7)$$

где m_1 – масса влажного грунта с бюксой, г;
 m_0 – масса высушенного грунта с бюксой, г;
 m – масса пустой бюксы, г.

2. Полученные данные заносят в табл. 4.

Таблица 4

Результаты определения влажности грунта методом высушивания до постоянной массы

№ п/п	Масса бюксы m , г	Масса влажного грунта с бюксой m_1 , г	Масса высушенного грунта с бюксой m_0 , г		Влажность w , %	
			1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя
1						
2						
3						

Вывод: значение влажности грунта, определенное методом высушивания до постоянной массы, составляет: _____.

2.5. Определение показателей пластичности пылевато-глинистых грунтов

2.5.1. Определение верхнего предела пластичности – влажности грунта на границе текучести – методом балансирного конуса

Оборудование и материалы: сушильный шкаф, лабораторные весы, стеклянные бюксы, балансирный конус Васильева с цилиндрической чашкой, фарфоровая чашка диаметром 7–8 см, шпатель, ступка с пестиком, сито с отверстиями размером 1 мм, мелкая терка, вазелин.

Подготовка к испытаниям:

1. Для образца природной влажности грунт растирают шпателем в чашке, добавляя дистиллированную воду. При наличии включений более 1 мм грунтовую массу протирают через сито с отверстиями размером 1 мм. Отбирают пробу массой 100 г. Пробу выдерживают в закрытом стеклянном сосуде не менее 2 ч (для тяжелых суглинков и глин время выдержки увеличивают до 6 ч).

2. Для образца в воздушно-сухом состоянии грунт растирают в ступке и просеивают через сито с отверстиями размером 1 мм. Далее грунт увлажняют водой до состояния густой пасты. Пробу выдерживают в закрытом стеклянном сосуде, как и для образца природной влажности.

3. Для удаления избытка влаги грунтовую пасту помещают в хлопчатобумажную ткань и производят обжатие образца между двумя листами фильтровальной бумаги под давлением.

Проведение испытаний:

1. Подготовленную грунтовую пасту укладывают в цилиндрическую чашку. Поверхность пасты заглаживают шпателем вровень с краями чашки.

2. Смазанный вазелином балансирный конус подводят к поверхности грунтовой пасты так, чтобы его острие касалось поверхности пасты.

3. Плавно отпускают конус, позволяя ему свободно погружаться в пасту в течение 5 с, и наблюдают:

- если конус погрузился на глубину 10 мм, то грунт имеет влажность, соответствующую границе текучести;

- если конус погрузился на глубину менее 10 мм, то достают пасту из чаши и добавляют небольшое количество дистиллированной воды;

- если конус погрузился на глубину более 10 мм, то достают пасту из чаши и дают пасте немного подсохнуть на воздухе, непрерывно перемешивая ее шпателем.

4. При достижении границы текучести из грунтовой пасты отбирают пробы массой 15–30 г для определения влажности (в соответствии с подразд. 2.4).

Обработка результатов:

1. Влажность грунта на границе текучести w_L (%) рассчитывают по формуле (7).
2. Полученные данные заносят в табл. 5.

Таблица 5

Результаты определения верхнего предела пластичности – влажности грунта на границе текучести – методом балансирного конуса

№ п/п	Масса бюксы m , г	Масса влажного грунта с бюксой m_1 , г	Масса высушенного грунта с бюксой m_0 , г		Граница текучести w_L , %	
			1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя
1						
2						
3						

Вывод: значение верхнего предела пластичности составляет:

2.5.2. Определение нижнего предела пластичности – влажности грунта на границе раскатывания

Оборудование и материалы: сушильный шкаф, лабораторные весы, стеклянные бюксы, шпатель, ступка с пестиком, сито с отверстиями размером 1 мм.

Подготовка к испытаниям.

Подготовку производят в соответствии с подразд. 2.5.1.

Проведение испытаний:

1. Берут небольшой кусочек подготовленной грунтовой пасты и раскатывают ладонью на стеклянной или пластмассовой пластинке или на ладони до образования жгута диаметром около 3 мм.

2. Если при этой толщине жгут сохраняет связность и пластичность, его собирают в комок и вновь раскатывают до образования жгута диаметром около 3 мм.

3. Раскатывание продолжают до тех пор, пока жгут не начинает распадаться по поперечным трещинам на кусочки длиной 3–10 мм.

4. Кусочки распадающегося жгута собирают в бюксы до тех пор, пока масса грунта в бюксах не достигнет 10–15 г, после чего определяют влажность (в соответствии с подразд. 2.4).

Обработка результатов:

1. Влажность грунта на границе раскатывания w_p (%) рассчитывают по формуле (7).

2. Полученные данные заносят в табл. 6.

Таблица 6

Результаты определения нижнего предела пластичности – влажности грунта на границе раскатывания

№ п/п	Масса бюксы m , г	Масса влажного грунта с бюксой m_1 , г	Масса высушенного грунта с бюксой m_0 , г		Граница раскатывания w_p , %	
			1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя
1						
2						
3						

Вывод: значение нижнего предела пластичности составляет: _____.

2.5.3. Определение числа пластичности

Число пластичности I_p (%) определяют по формуле

$$I_p = w_L - w_p. \tag{8}$$

Вывод: значение числа пластичности составляет: _____.

Список рекомендуемой литературы

1. ГОСТ 5180–2015. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – М.: Стандартиформ, 2019. – III, 19 с.

2. ГОСТ 25100–2020. Межгосударственный стандарт. Грунты. Классификация. – М.: Стандартиформ, 2020. – III, 37 с.

3. Пономарев А.Б., Калошина С.В., Сычкина Е.Н. Геология и механика грунтов: метод. указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Геология» и «Механика грунтов». – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – 45 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Цель работы – определить прочность образцов тяжелого бетона на растяжение при изгибе и осевое сжатие.

1. Теоретическая часть

Механические свойства характеризуют способность материала сопротивляться разрушающему или деформирующему воздействию внешних сил. Материалы в сооружениях могут испытывать под действием нагрузок различные виды напряженно-деформированного состояния: сжатие, изгиб, растяжение, срез и др.

Прочность строительных материалов оценивается пределом прочности, т.е. напряжением в материале, соответствующим нагрузке, при которой происходит разрушение образца. На практике применяются допускаемые напряжения, которые значительно меньше предела прочности, полученного при испытаниях. Таким образом, создается запас прочности, установленный строительными нормами. Значение разрушающей нагрузки определяют на прессах или разрывных машинах.

По величине предела прочности устанавливается марка или класс строительных материалов по прочности.

2. Практическая часть

2.1. Определение прочности на растяжение при изгибе

Оборудование и материалы: три призмы квадратного сечения размерами 100×100×400 мм, штангенциркуль, устройство для испытаний на растяжение при изгибе.

Подготовка к испытаниям:

1. Образцы подвергают визуальному осмотру на наличие дефектов (трещин, сколов, раковин и инородных включений). Не подлежат испытанию образцы, имеющие трещины и сколы ребер глубиной более 10 мм, раковины диаметром более 10 мм и глубиной более 5 мм, следы расслоения и недоуплотнения бетонной смеси.

2. Измеряют линейные размеры образцов с погрешностью не более 1 %.

Проведение испытаний:

1. Испытания на растяжение при изгибе проводят по схеме, представленной на рис. 1.

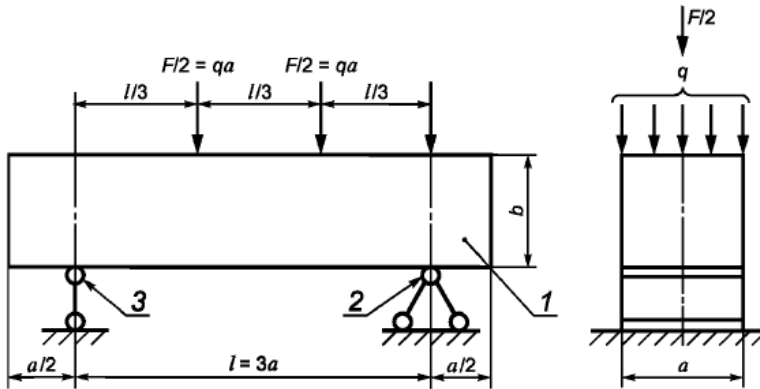


Рис. 1. Схема испытания на растяжение при изгибе: 1 – образец; 2 – шарнирно-неподвижная опора; 3 – шарнирно-подвижная опора (a , b – ширина и высота образца; F – нагрузка; q – распределенная нагрузка; l – пролет)

2. Образец-призму устанавливают в испытательную машину и нагружают до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки 0,05 МПа/с.

3. Если образец разрушился не в средней трети пролета или плоскость разрушения образца наклонена к вертикальной плоскости более чем на 15° , то при определении средней прочности бетона серии образцов этот результат не учитывается.

Обработка результатов:

1. Прочность бетона на растяжение при изгибе R_{tb} (МПа) определяют по следующей формуле (с точностью до 0,01 МПа):

$$R_{tb} = \delta \cdot \frac{F \cdot l}{a \cdot b^2}, \quad (9)$$

где δ – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы (для квадратной призмы со стороной поперечного сечения 100 мм $\delta = 0,92$);

F – разрушающая нагрузка, Н;

a, b, l – ширина, высота поперечного сечения призмы и расстояние между опорами соответственно, мм.

Прочность бетона в серии из трех образцов принимают как среднеарифметическое значение для двух образцов с наибольшей прочностью.

2. Полученные данные заносят в табл. 7.

Таблица 7

Результаты определения прочности образцов бетона
на растяжение при изгибе

№ п/п	Ширина поперечного сечения призмы a , мм	Высота поперечного сечения призмы b , мм	Расстояние между опорами l , мм	Разрушающая нагрузка, Н	Прочность образца, МПа	Средняя прочность образцов в серии, МПа
1						
2						
3						

Вывод: значение предела прочности бетона на растяжение при изгибе составляет: _____.

2.2. Определение прочности бетона на сжатие

Оборудование и материалы: три образца-куба, пресс для испытаний на сжатие.

Подготовка к испытаниям.

Подготовку производят в соответствии с подразд. 2.1.

Проведение испытаний:

1. Образцы-кубы устанавливают на нижнюю опорную плиту пресса центрально относительно его продольной оси.

2. Совмещают верхнюю плиту пресса с верхней опорной гранью образца так, чтобы их плоскости полностью прилегали одна к другой.

3. Нагружают образец до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки 0,6 МПа/с.

4. Разрушение образца должно проходить по одной из схем, представленных на рис. 2; иначе результат не учитывают. Неудовлетворительные схемы разрушения образцов представлены на рис. 3.

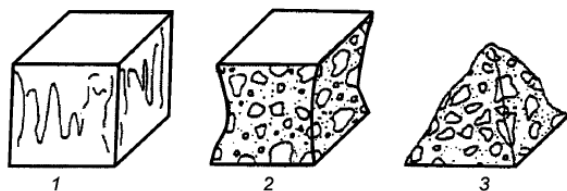


Рис. 2. Удовлетворительные схемы разрушения образцов-кубов

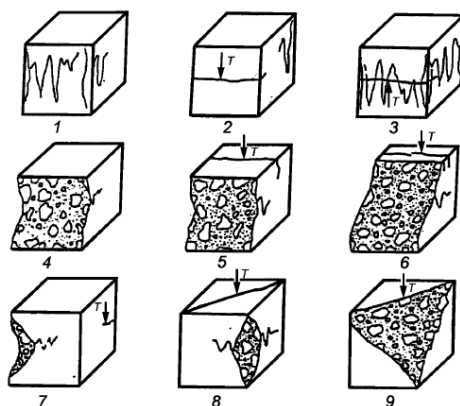


Рис. 3. Неудовлетворительные схемы разрушения образцов-кубов
(т – трещина)

Обработка результатов:

1. Прочность бетона на сжатие R_b (МПа) определяют по формуле (с точностью до 0,1 МПа)

$$R_b = \alpha \frac{F}{A} Kw, \tag{10}$$

где α – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы (для образцов-кубов со стороной поперечного сечения 100 мм $\alpha=0,95$);

F – разрушающая нагрузка, Н;

A – площадь рабочего сечения образца, мм²,

K_w – поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов в момент испытания.

Прочность бетона в серии из трех образцов принимают как среднеарифметическое значение для двух образцов с наибольшей прочностью.

2. Полученные данные заносят в табл. 8.

Таблица 8

Результаты определения прочности образцов бетона на сжатие

№ п/п	Площадь рабочего сечения образца, мм ²	Разрушающая нагрузка, Н	Прочность образца, МПа	Средняя прочность образцов в серии, МПа
1				
2				
3				

Вывод: значение предела прочности бетона на сжатие составляет: _____.

Список рекомендуемой литературы

1. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Стандартинформ, 2018. – IV, 31 с.

2. Баженов Ю. М. Технология бетона: учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 528 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы – освоить методики определения свойств теплоизоляционных материалов.

1. Теоретическая часть

Теплоизоляционные материалы предназначены для защиты от проникновения тепла или холода. Как правило, это пористые материалы, имеющие низкую плотность и теплопроводность. Теплоизолирующая способность материала зависит от многих факторов. К ним относятся количество, размер, характер и распределение пор. Наиболее высокими теплоизоляционными свойствами обладают материалы, содержащие большое количество мелких закрытых пор. Наличие замкнутой пористости отличает теплоизоляционные материалы от материалов, предназначенных для звукопоглощения.

2. Практическая часть

2.1. Определение характеристик теплоизоляционных материалов

2.1.1. Определение средней плотности жестких и мягких материалов

Оборудование и материалы: сушильный шкаф, весы, штангенциркуль, толщиномер, образцы минеральной ваты, пенополистирола и газобетона.

Проведение испытаний:

1. Высушенные образцы взвешивают с точностью до 0,1 г, после чего измеряют. Измерение толщины образцов пенополистирола и ячеистого бетона проводят с помощью штангенциркуля, а минеральной ваты – с помощью толщиномера. Точность измерений составляет 0,1 мм.

2. Объем образца вычисляют как среднеарифметическую величину, полученную в результате всех проведенных измерений.

Обработка результатов:

1. Плотность материала ρ_m (кг/м³) вычисляют по формуле

$$\rho_m = \frac{m}{V}, \quad (11)$$

где m – масса сухого образца, кг;

V – объем образца, м³.

2. Полученные данные заносят в табл. 9.

Таблица 9

Результаты определения средней плотности образцов

№ п/п	Материал	Масса, кг	Размеры, м	Объем, м ³	Плотность, кг/м ³
1					
2					
3					

Вывод: значения средней плотности материалов _____ составляют: _____.

2.1.2. Водопоглощение материалов при полном погружении

Оборудование и материалы: электрошкаф, весы, ванна с сетчатой подставкой и пригрузом, поддон с высотой бортов 10 мм и размерами основания 120×120 мм, эксикатор, кальций хлористый, образцы минеральной ваты, пенополистирола и газобетона.

Подготовка к испытаниям:

1. Для испытаний берут образцы длиной и шириной (100±2) мм и толщиной, равной толщине изделия.

2. Образцы высушивают до постоянной массы и охлаждают в эксикаторе над хлористым кальцием.

Проведение испытаний:

1. В ванну на сетчатую подставку ставят образец и фиксируют его положение пригрузом.

2. Заполняют ванну водой так, чтобы уровень воды был выше пригруза на 20–40 мм.

3. Спустя 24 ч образец достают из ванны, переносят на подставку и через 30 с взвешивают на сухом поддоне. Массу воды, вытекшей из образца во время взвешивания в поддон, включают в массу насыщенного водой образца.

Обработка результатов:

1. Водопоглощение при полном погружении образца $W^п$ (%) вычисляют по формуле

$$W^п = \frac{m_1 - m_2 - m_3}{m_2} \cdot 100, \quad (12)$$

где m_1 – масса образца после насыщения водой и поддона для взвешивания, г;

m_2 – масса образца, предварительно высушенного до постоянной массы, г;

m_3 – масса сухого поддона для взвешивания, г.

2. Полученные данные заносят в табл. 10.

Таблица 10

Результаты определения водопоглощения при полном погружении

№ п/п	Материал	Масса образца после насыщения водой и поддона для взвешивания m_1 , г	Масса образца, предварительно высушенного до постоянной массы m_2 , г	Масса сухого поддона для взвешивания m_3 , г	Водопоглощение при полном погружении $W^п$, %
1					
2					
3					

Вывод: значения водопоглощения материалов _____ при полном погружении составляют: _____.

2.1.3. Определение предела прочности газобетона при сжатии

Оборудование и материалы: сушильный шкаф, обеспечивающий температуру сушки 105 ± 5 °С, пресс для испытания образцов на сжатие, штангенциркуль, образцы газобетона размерами $100 \times 100 \times 100$ мм.

Подготовка к испытаниям:

1. Образцы подвергают визуальному осмотру на наличие дефектов (трещин, сколов, раковин и инородных включений). Не подлежат испытанию образцы, имеющие трещины и сколы ребер

глубиной более 10 мм, раковины диаметром более 10 мм и глубиной более 5 мм, следы расслоения, разрывов структуры.

2. Образцы помещают в сушильный шкаф и высушивают до прекращения изменения массы при температуре 105 ± 5 °С

3. Измеряют линейные размеры образцов с погрешностью не более 1 %.

Проведение испытаний:

1. Образцы устанавливают в пресс таким образом, чтобы сжимающая сила при испытании была направлена параллельно слоям укладки бетонной смеси в формы.

2. Образец устанавливают центрально относительно продольной оси прессы с помощью специального центрирующего устройства.

3. Верхнюю плиту прессы совмещают с верхней опорной гранью образца так, чтобы их плоскости полностью прилегали одна к другой.

4. Нагружают образец до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки 0,6 МПа/с.

5. Разрушение образца должно проходить по одной из схем, представленных на рис. 2, иначе результат не учитывают. Неудовлетворительные схемы разрушения представлены на рис. 3.

Обработка результатов:

1. Прочность бетона на сжатие R_b (МПа) определяют по формуле (10) (с точностью до 0,1 МПа)

$$R_b = \alpha \frac{F}{A} K_w,$$

где α – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы (для образцов-кубов с ребром 100 мм из ячеистого бетона с плотностью менее 400 кг/м^3 $\alpha=1$, с плотностью 400 кг/м^3 и выше $\alpha = 0,95$);

F – разрушающая нагрузка, Н;

A – площадь рабочего сечения образца, мм^2 ,

K_w – поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий его влажность в момент испытания (при $W=0\%$, $K_w = 0,8$).

Прочность бетона в серии из трех образцов принимают как среднеарифметическое значение для двух образцов с наибольшей прочностью.

2. Полученные данные заносят в табл. 11.

Таблица 11

Результаты определения прочности образцов газобетона на сжатие

№ п/п	Площадь рабочего сечения образца, мм ²	Разрушающая нагрузка, Н	Прочность образца, МПа	Средняя прочность образцов в серии, МПа
1				
2				
3				

Вывод: значение предела прочности газобетона на сжатие составляет: _____.

2.1.4. Определение сжимаемости и упругости материала

Оборудование и материалы: прибор для определения сжимаемости и упругости (рис. 4), образец минеральной ваты.

Подготовка к испытаниям.

Для испытаний используют образцы длиной и шириной 100 мм и толщиной, равной толщине изделия.

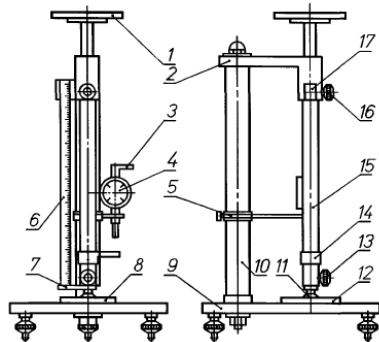


Рис. 4. Прибор для определения сжимаемости и упругости: 1 – стол; 2 – направляющая; 3 – фиксатор; 4 – индикатор; 5 – держатель; 6 – шкала; 7 – кронштейн; 8 – пластина; 9 – основание; 10 – опора; 11 – палец; 12 – держатель; 13 – винт; 14 – опора; 15 – шток; 16 – винт; 17 – кронштейн

Проведение испытаний:

1. Образец минеральной ваты устанавливают на основание 9. Затем пластину 8 приближают к поверхности образца, используя винт 16.

2. Освободив винт 13, опускают пластину 8 на образец, создавая удельную нагрузку $(500 \pm 7,5)$ Па. Выдерживают при данной нагрузке 5 мин.

3. После выдержки по миллиметровой шкале 6 отсчитывают первоначальную толщину образца h .

4. Отпустив винт 16, нагружают образец удельной нагрузкой (2000 ± 30) Па и выдерживают 5 мин. По миллиметровой шкале определяют толщину образца после деформации h_1 .

5. Пластину 8 поднимают и фиксируют винтом 16.

6. Через 15 мин после снятия нагрузки пластину 8 повторно опускают на поверхность образца и выдерживают 5 мин. Толщину образца после снятия нагрузки (2000 ± 30) Па отсчитывают под нагрузкой $(500 \pm 7,5)$ Па по миллиметровой шкале 6.

Обработка результатов:

1. Сжимаемость Сж (%) вычисляют по формуле

$$Сж = \frac{h - h_1}{h} \cdot 100, \quad (13)$$

где h – толщина образца под удельной нагрузкой $(500 \pm 7,5)$ Па, мм;

h_1 – толщина образца после деформации под удельной нагрузкой (2000 ± 30) Па, мм.

2. Упругость У (%) вычисляют по формуле

$$У = \frac{h_2}{h} \cdot 100, \quad (14)$$

где h_2 – толщина образца после снятия нагрузки (2000 ± 30) Па, мм.

Вывод: значения сжимаемости материалов _____
составляют: _____; значения упругости материалов
_____ составляют: _____.

2.2. Исследование свойств теплоизоляционных засыпок на примере пенополистирола и вермикулита

2.2.1. Определение насыпной плотности

Оборудование и материалы: сушильный шкаф, мерный цилиндр емкостью 1 дм³, весы, пенополистирол, вермикулит.

Проведение испытаний:

1. Взвешивают пустой мерный цилиндр (m_1).
2. Заполняют его сухим материалом с избытком. Излишек материала не уплотняют, а срезают вровень с краями сосуда, после чего взвешивают (m_2).

Обработка результатов:

1. Насыпную плотность материала ρ_n (г/см³) определяют по формуле

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V}, \quad (15)$$

где m_2 – масса сосуда с материалом, г;

m_1 – масса мерного цилиндра, г;

V – объем сосуда, см³.

2. Полученные данные заносят в табл. 12.

Таблица 12

Результаты определения насыпной плотности

№ п/п	Материал	Масса мерного цилиндра m_1 , г	Масса сосуда с материалом m_2 , г	Насыпная плотность ρ_n , г/см ³

Вывод: значения насыпной плотности материалов _____ составляют: _____.

Список рекомендуемой литературы

1. ГОСТ 17177–94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 2002. – IV, 35 с.

2. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Стандартинформ, 2019. – IV, 31 с.

3. Пономаренко А.А., Ежов В.Б., Комарова Н.П. Технология и свойства строительных изоляционных материалов и изделий: лабораторный практикум. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 92 с.

4. Редько Л.Т. Теплоизоляционные, акустические материалы и системы: метод. указания к лабораторному практикуму. – Оренбург: Оренб. гос. ун-т, 2004. – 56 с.

5. Черкасов С.В., Адоньева Л.Н. Материаловедение: лабораторный практикум. – Воронеж: Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т, 2010. – 88 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы – освоить методики определения свойств изоляционных материалов.

1. Теоретическая часть

Изоляционные материалы предназначены для защиты конструкций, зданий и сооружений от влаги и пара. Различают следующие виды увлажнения: атмосферное, капиллярное и конденсационное. Для возможности применения в различных условиях требуется знать физические и механические свойства изоляционных материалов.

2. Практическая часть

2.1. Проверка внешнего вида материалов

Оборудование и материалы: рулон изоляционного материала в упаковке, металлическая линейка.

Проведение испытаний:

1. Визуально проверяют упаковку и маркировку рулона.
2. Металлической линейкой определяют ровность торцов.
3. Развернув на всю длину полотно рулона, визуальным осмотром устанавливают равномерность распределения посыпки, наличие или отсутствие слипаемости, трещин, дыр, разрывов и складок. Линейкой измеряют надрывы на краях полотна.

Вывод: _____

2.2. Определение линейных размеров и площади полотна

Оборудование и материалы: рулон изоляционного материала в упаковке, металлическая линейка или рулетка, индикаторный ручной толщиномер.

Подготовка к испытаниям.

Для определения толщины материала из рулона вырезают образцы размером 100×50 мм.

Проведение испытаний:

1. Металлической линейкой или рулеткой измеряют длину и ширину полотна материала. Длину измеряют по краю полотна (результат округляют до 0,1 м), а ширину – на расстоянии не менее 1 м от края полотна (результат округляют до 1 мм).

2. Индикаторным ручным толщиномером с ценой деления 0,01 мм измеряют толщину материала. Толщину материала измеряют на трех образцах посередине каждого образца (результат округляют до 0,01 мм). В качестве окончательного результата берут среднее значение.

3. Площадь полотна рулона определяют по результатам измерений длины и ширины (результат округляют до 0,1 м²).

Вывод: линейные размеры материалов _____ составляют: _____. Площадь полотна рулона равна _____ м².

2.3. Определение разрывной силы при растяжении и удлинения после разрыва

Оборудование и материалы: разрывная машина для испытаний, металлическая линейка, упаковка изоляционного материала.

Подготовка к испытаниям:

1. Из основных наплавливаемых и ненаплавливаемых битумных и битумно-полимерных материалов вырезают в продольном направлении три образца-полоски размерами 300×50 мм.

2. На образце-полоске параллельными метками отмечают рабочий участок l , равный 150 мм. Также на образце установочными метками отмечают участок l_1 (200 мм) для обеспечения одинакового крепления образца в захватах разрывной машины. Метки должны быть нанесены симметрично относительно центра образца.

Проведение испытаний:

1. Образец помещают в захваты разрывной машины по установочным меткам.

2. Во время испытания фиксируют силу и длину рабочего участка l_2 в момент разрыва или максимального значения силы. Если разрыв образовался вне рабочего участка, то результат не учитывают и проводят повторные испытания.

3. Образцы достают из испытательной машины и через 120 с после разрыва измеряют расстояние l_3 , ограничивающее рабочий участок двух частей образца, сложенных вместе по месту разрыва.

Обработка результатов.

Результаты измерений длины образцов и показания прибора заносят в табл. 13.

Таблица 13

Результаты измерений образцов

№ п/п	Длина, мм				Разрывная сила, Н
	l	l_1	l_2	l_3	
1					
2					
3					

Вывод: значения разрывной силы для материалов _____ составляют: _____. Удлинение после разрыва составляет: _____.

2.4. Определение класса по водонепроницаемости

Оборудование и материалы: испытательная камера (рис. 5), мерная колба, рулон изоляционного материала.

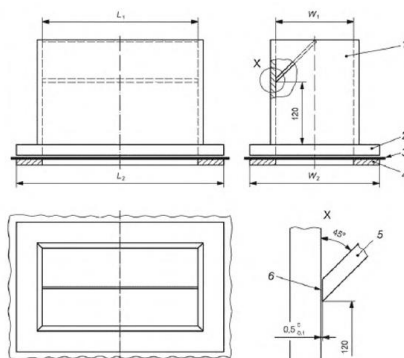


Рис. 5. Схема устройства для проведения испытаний: 1 – контейнер. 2 – фланец; 3 – образец для испытаний; 4 – опорная рамка; 5 – наклонная плоскость; 6 – щель (отверстие, канавка, выемка)

Подготовка к испытаниям.

Для испытаний подготавливают три образца одного материала размерами не менее 350×200 мм.

Проведение испытаний:

1. Образец устанавливают в испытательное устройство между фланцем и опорной рамкой.

2. Испытательную камеру устанавливают горизонтально в емкости для сбора воды.

3. Наливают 2,25 л дистиллированной воды по наклонной пластине испытательной камеры в течение 1 мин.

4. Через 3 ч после заполнения камеры водой емкость с водой удаляют из-под испытательной камеры и, используя мерную колбу, измеряют объем воды, которая проникла через образец для испытаний.

Обработка результатов:

1. Объем воды, проникшей через каждый образец для испытаний, указывают с точностью до 2 мл. Берут среднее значение.

2. Если полученное значение составляет не более 100 мл, то материал относят к классу водонепроницаемости W2. В противном случае материал относят к классу водонепроницаемости W3.

Вывод: по водонепроницаемости материал _____ относится к классу _____.

2.5. Определение массы 1 м² материала

Оборудование и материалы: весы, металлическая линейка, рулон изоляционного материала.

Проведение испытаний.

Из изоляционного материала вырезают три образца размерами 100×100 мм. Образцы взвешивают.

Обработка результатов.

Массу 1 м² материала M (г) определяют по формуле

$$M = m \cdot 100, \quad (16)$$

где m – масса образца, г;

100 – коэффициент приведения площади образца к 1 м².

Результат округляют до 1 г.

Вывод: среднее значение массы 1 м² материала _____ составляет: _____.

Список рекомендуемой литературы

1. ГОСТ 2678–94. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 2003. – III, 41 с.

2. ГОСТ Р 58913–2020. Материалы рулонные водо- и ветрозащитные для крыш из штучных кровельных материалов. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2020. – III, 18 с.

3. ГОСТ Р 58222–2018/EN 13111:2010. Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие. Водозащитные и диффузионные пленки для кровель из штучных материалов и стен. Метод определения стойкости к проникновению воды. – М.: Стандартинформ, 2018. – IV, 4 с.

Учебное издание

Третьякова Ольга Викторовна,
Леонтьев Степан Васильевич,
Холянова Мария Дмитриевна

ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Лабораторный практикум

Подписано в печать 06.12.2023. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 2,06. Тираж 22 экз. Заказ № 300

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.

Отпечатано в типографии Издательства Пермского национального
исследовательского политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.