

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

ИСПЫТАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Лабораторный практикум

Часть II

для студентов строительных специальностей

Брест 2005

УДК 620.1.001.53
ББК 30.3 я 73
Ш 18

Рецензент:

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

Шалобьта Т.П., Марчук В.А.

Ш 18 Испытания строительных материалов и изделий. Лабораторный практикум. Часть 2. — Брест: Изд-во БГТУ-2005. -68 с.

ISBN 985-493-027-0

В лабораторном практикуме приведены общие сведения об основных строительных материалах, применяемых в современном строительстве (органических вяжущих веществах, материалах и изделиях из древесины и др.), методы определения их качества в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами.

Практикум предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по строительным специальностям.

Таблиц 26, рисунков 17, библиографических названий 9.

УДК 620.1.001.53
ББК 30.3 я 73

1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

1.1. ПОДБОР СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Бетон – материал, получаемый путем смешивания вяжущего, крупного и мелкого заполнителей, воды и при необходимости различных химических и минеральных добавок, структура которого формируется вследствие процесса гидратации вяжущего. *Бетонная смесь* – бетон, получаемый путем смешивания заданных компонентов, не имеющий механической прочности и структура которого формируется до укладки и уплотнения.

Целью подбора состава бетона является выбор материалов и установление их наиболее рационального расхода, при котором обеспечиваются заданные характеристики: удобоукладываемость смеси, прочность бетона и, если требуется, морозостойкость, водонепроницаемость, средняя плотность. Исходные данные для проектирования состава бетона содержатся в техническом проекте на то или иное сооружение: класс (марка) бетона, вид конструкции, способ производства изделия.

Состав бетона выражают расходом всех составляющих материалов на 1 м³ уложенной и уплотненной смеси или соотношением массы составляющих материалов смеси к массе цемента.

Для подбора состава бетона существуют различные методы. Наиболее широко применяется расчетно-экспериментальный метод «*абсолютных объемов*». Согласно положениям этого метода, расход заполнителей (песка, щебня, гравия) в килограммах на 1 м³ смеси вычисляют, исходя из двух условий:

- сумма абсолютных объемов всех компонентов бетона равна 1 м³ уплотненной смеси

$$\frac{Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{В}{\rho_{В}} + \frac{Щ(Г)}{\rho_{Щ(Г)}} + \frac{\Pi}{\rho_{\Pi}} = 1, \quad (1.1)$$

- цементно-песчаный раствор заполняет пустоты в крупном заполнителе с некоторой раздвижкой зерен

$$\frac{Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{В}{\rho_{В}} + \frac{Щ(Г)}{\rho_{Щ(Г)}} + \frac{\Pi}{\rho_{\Pi}} = V_{n,Щ(Г)} \cdot \frac{Щ(Г)}{\rho_{n,Щ(Г)}} \cdot \alpha, \quad (1.2)$$

где $V_{n,Щ(Г)}$ — пустотность щебня (гравия) в рыхлом состоянии;

α — коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия).

Состав бетона рассчитывают в два этапа: вначале определяют ориентировочный состав бетона, затем расчет проверяют и корректируют по результатам пробных замесов и испытаний контрольных образцов.

1.1.1 Расчет ориентировочного состава бетона

Важнейшими свойствами затвердевшего бетона являются пределы прочности при сжатии, растяжении, растяжении при изгибе, средняя плотность, влажность, проницаемость, морозостойкость и др. Ими задаются в зависимости от назначения бетона и контролируют при выполнении бетонных работ. Технические характеристики для тяжелого бетона назначаются по СТБ 1544-2005 «Бетоны конструкционные тяжелые. Технические условия». Для расчета состава тяжелого бетона необходимо иметь следующие данные: заданный класс бетона по прочности, требуемую удобоукладываемость смеси, а также характеристику исходных материалов — вид и активность цемента, насыпную и истинную плотность составляющих, наибольшую крупность зерен и влажность заполнителей.

1. *Водоцементное отношение В/Ц* вычисляют, исходя из требуемой прочности бетона, активности цемента и с учетом вида и качества заполнителей по следующим формулам:

для бетонов с водоцементным отношением $В/Ц \geq 0.4$

$$R_b = A \cdot R_y \cdot \left(\frac{Ц}{В} - 0.5 \right), \quad (1.3)$$

для бетонов с водоцементным отношением $V/C < 0.4$

$$R_b = A_1 \cdot R_u \cdot \left(\frac{C}{B} + 0.5 \right), \quad (1.4)$$

где R_b — предел прочности бетона при сжатии, МПа;

R_u — активность цемента, МПа;

A и A_1 — коэффициенты, учитывающие качество материалов (табл.1.1).

Таблица 1.1 – Коэффициенты, учитывающие качество материалов

Характеристика заполнителей и цемента	A	A_1
Высококачественные	0.65	0.43
Рядовые	0.6	0.4
Пониженного качества	0.55	0.37

Примечание. 1. К высококачественным материалам относят щебень из плотных горных пород высокой прочности, песок оптимальной крупности и портландцемент высокой активности без добавок или с минимальным количеством гидравлической добавки в его составе; заполнители должны быть чистые и фракционированные. 2. К рядовым материалам относят заполнители среднего качества, в том числе и гравий, портландцемент средней активности или высокомарочный шлакопортландцемент. 3. К материалам пониженного качества относят крупные заполнители низкой прочности, мелкие пески, цементы низкой активности.

После преобразования относительно V/C формулы (1.1) и (1.2) имеют следующий вид

$$\frac{B}{C} = \frac{A \cdot R_u}{R_b + 0.5 \cdot R_u} \quad \text{или} \quad \frac{B}{C} = \frac{A_1 \cdot R_u}{R_b - 0.5 \cdot R_u} \quad (1.5)$$

2. *Расход воды V* (в литрах на 1 м^3) ориентировочно определяют исходя из заданной удобоукладываемости бетонной смеси по таблицам или графикам, которые составлены с учетом вида и крупности зерен заполнителя (табл.1.2). Удобоукладываемость бетонной смеси назначают в зависимости от толщины конструкции, насыщения ее арматурой, способов подачи и уплотнения смеси (табл.1.3 и 1.4).

Таблица 1.2 – Рекомендуемый расход воды на 1 м^3 бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси		расход воды л/м^3 , при наибольшей крупности заполнителя, мм					
		гравия			щебня		
Осадка конуса, см	Жесткость, с	10	20	40	10	20	40
-	Ж4	150	135	125	160	150	135
-	Ж3	160	145	130	170	160	145
-	Ж2	165	150	135	175	165	150
-	Ж1	175	160	145	185	175	160
П1	-	190	175	160	200	190	175
П2		200	185	170	210	200	185
П3		215	205	190	225	215	200
П4		225	220	205	235	230	215

Примечание. Данная таблица справедлива для бетонной смеси на портландцементе с нормальной плотностью цементного теста 26-285 и песке средней крупности с $M_k=2$. На каждый процент повышения нормальной плотности цементного теста расход воды увеличивается на 3-5 л/м^3 , при уменьшении — сокращается на 3-5 л/м^3 ; расход воды увеличивается при уменьшении модуля крупности на каждые 0.5 на 3-5 л/м^3 , а при увеличении модуля крупности на каждые 0.5 — уменьшается на 3-5 л/м^3 .

Таблица 1.3 – Требования к удобоукладываемости бетонной смеси

Вид конструкций и способ формирования	Марка по удобоукладываемости
Аэродромные, дорожные, тротуарные плиты, плиты перекрытий, панели внутренних стен, трубы, формуемые роликовыми установками, камень бортовой, формуемый на вибропрессах	Ж4
Шпалы, формуемые на виброплощадках	Ж3
Плиты пустотелые перекрытий, блоки вентиляционные, изготавливаемые на ударно-вибрационных площадках	Ж2
Сваи, ригели, перемычки, колонны, формуемые на вибрационных и ударно-вибрационных площадках	Ж1
Железобетонные конструкции сложного профиля — балки тавровые, двутавровые, фермы, опоры ЛЭП, формуемые на вибрационных площадках	П1
Конструкции со значительным общим или местным насыщением арматурой, формуемые в виброформах	П2
Железобетонные конструкции, формуемые в кассетах	П3
Монолитные густоармированные конструкции	П4, П5

Таблица 1.4 – Классификация бетонных смесей по удобоукладываемости

Марка по жесткости		Марка по подвижности (ОК)		Марка по расплыву конуса (РК)	
Марка	Жесткость (Ж), с	Марка	Осадка конуса (ОК), см	Марка	Расплыв конуса (РК), см
СЖ3	более 100	П1	1—4	РК-1	менее или равно 34
СЖ2	51—100	П2	5—9	РК-2	35—41
СЖ1	41—50	П3	10—15	РК-3	42—48
Ж4	31—40	П4	16—20	РК-4	49—55
Ж3	21—30	П5	21—25	РК-5	56—62
Ж2	11—20			РК-6	более 62
Ж1	5—10				

Примечание. 1. Марки по расплыву конуса бетонной смеси устанавливаются для смесей марки по подвижности П4 и выше. 2. Марки бетонной смеси, приведенные в таблице, между собой не связаны. В отдельных случаях марка может назначаться при подборе состава по заданному значению за пределами таблицы. Для бетонов, уплотняемых по специальным технологиям, удобоукладываемость смеси не классифицируется.

3. Расход цемента C (в килограммах на 1 м^3 смеси) определяют по полученным значениям водоцементного отношения B/C и водопотребности смеси B .

$$C = \frac{B}{B/C} \quad (1.6)$$

Полученный расход цемента сравнивают с минимально допустимым и для дальнейших расчетов принимают наибольшее из этих значений. Минимально допустимый расход цемента для бетонных конструкций — 200 кг/м^3 , для железобетонных конструкций — 220 кг/м^3 , для конструкций, работающих в агрессивных средах - 260 кг/м^3 , для дорожных бетонов однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий — 300 кг/м^3 .

4. Расход щебня \mathcal{C} (или гравия Γ) (в килограммах на 1 м³ смеси) определяют по формуле

$$\mathcal{C}(\Gamma) = \frac{1}{\frac{V_{n.\mathcal{C}(\Gamma)} \cdot \alpha}{\rho_{n.\mathcal{C}(\Gamma)}} + \frac{1}{\rho_{\mathcal{C}(\Gamma)}}}, \quad (1.7)$$

где $V_{n.\mathcal{C}(\Gamma)}$ — пустотность щебня (гравия) в рыхлом состоянии, определяется по формуле

$$V_{n.\mathcal{C}(\Gamma)} = 1 - \frac{\rho_{n.\mathcal{C}(\Gamma)}}{\rho_{\mathcal{C}(\Gamma)}}, \quad (1.8)$$

$\rho_{n.\mathcal{C}(\Gamma)}$ — насыпная плотность щебня (гравия), кг/м³;

$\rho_{\mathcal{C}(\Gamma)}$ — истинная плотность щебня, кг/м³;

α — коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия), для пластичных смесей принимают по табл. 1.5.

Таблица 1.5 – Значения коэффициента α для подвижных бетонных смесей

Расход цемента, кг/м ³	Коэффициент α при B/\mathcal{C}				
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
250	—	—	1.26	1.32	1.38
300	—	1.3	1.36	1.42	—
350	1.32	1.38	1.4	—	—
400	1.4	1.46	—	—	—

Примечание. 1. При других значениях \mathcal{C} и B/\mathcal{C} коэффициент находят интерполяцией. 2. При применении мелкого песка с водопотребностью свыше 7% коэффициент уменьшается на 0.03 на каждый процент увеличения водопотребности песка; при применении крупного песка с водопотребностью ниже 7% коэффициент увеличивается на 0.03 на каждый процент уменьшения водопотребности песка.

5. Расход песка Π (в килограммах на 1 м³ смеси) определяют по формуле

$$\Pi = \left[1 - \left(\frac{\mathcal{C}}{\rho_{\mathcal{C}}} + \frac{B}{\rho_B} + \frac{\mathcal{C}(\Gamma)}{\rho_{\mathcal{C}(\Gamma)}} \right) \right] \cdot \rho_{\Pi}, \quad (1.9)$$

6. Определив расход компонентов \mathcal{C} , B , $\mathcal{C}(\Gamma)$, Π в кг на 1 м³ бетонной смеси, вычисляют расчетную среднюю плотность смеси

$$\rho_{б.см}^p = \mathcal{C} + B + \mathcal{C}(\Gamma) + \Pi. \quad (1.10)$$

1.1.2 Приготовление опытного замеса бетонной смеси

Опытные замесы необходимы для экспериментальной проверки и корректировки составов бетона. Расход составляющих на 1 м³ бетонной смеси пересчитывают на лабораторный замес (8-10 л).

Материалы и оборудование: материалы для приготовления бетонной смеси: цемент, песок, щебень (гравий), вода; мерный цилиндр, весы настольные циферблатные или лабораторные, металлический лист размером 1×2 м.

Выполнение работы. Рассчитанные количества предварительно подготовленных составляющих компонентов отвешивают с точностью до 1 г. Перемешивание производится в лабораторной мешалке либо вручную. Ручное перемешивание осуществляется на металлическом листе размером 1×2 м. Непосредственно перед приготовлением смеси лист протирают влажной тканью. Приготовление опытных замесов начинают с перемешивания сухих мелкого и крупного заполнителей и вяжущего до получения однородной смеси, а затем постепенно добавляют воду. Для этого в центре сухой смеси делают углубление, в него вливают половину требуемого количества воды и осторожно перемешивают, затем, добавив оставшуюся воду, энергично перемешивают бетонную смесь до достижения однородности. Длительность перемешивания должна составлять 3-5 мин (считая от момента добавления воды).

1.1.3 Определение удобоукладываемости бетонной смеси

Удобоукладываемостью бетонной смеси называется ее способность занимать форму или опалубку бетонируемого изделия и уплотняться под действием сил тяжести, вибрации или других механических воздействий. Это свойство бетонной смеси оценивается подвижностью или жесткостью. Подвижность и жесткость бетонной смеси на плотных и пористых заполнителях определяется по ГОСТ 10181.1-81 «Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости».

Подвижность бетонной смеси определяется по величине осадки или расплыва стандартного конуса (ОК, РК) из испытываемой бетонной смеси.

Материалы и оборудование: проба бетонной смеси; конус обычный высотой 300 мм и с диаметрами оснований 100 и 200 мм; воронка загрузочная; лист металлический гладкий не менее 700x700 мм; кельма; стержень металлический гладкий диаметром 16 мм и длиной 600 мм с округленными концами; линейка стальная.

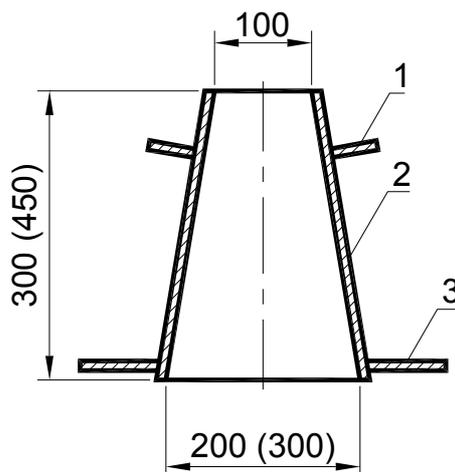


Рисунок 1.1 Конус для определения подвижности бетонной смеси:

1 — ручка; 2 — корпус прибора; 3 — упоры.

Выполнение работы. При наибольшей крупности щебня (гравия) до 40 мм применяют обычный конус (рис.1.1), при большей крупности — увеличенный конус. Испытания выполняются в следующей последовательности: конус и все приспособления для испытания, соприкасающиеся с бетонной смесью, протирают влажной тканью. Конус устанавливают на металлический лист, заполняют через воронку бетонной смесью в три слоя, равных по высоте, и уплотняют металлическим стержнем. Каждый слой равномерно штыкуют 25 раз по всей площади на всю его толщину (в увеличенном конусе — 56 раз). Конус во время наполнения и штыкования должен быть плотно прижат к листу. После уплотнения бетонной смеси в конусе воронку снимают и избыток смеси срезают кельмой вровень с верхними краями конуса. Конус плавно снимают с отформованной бетонной смеси и устанавливают рядом с ней. Осадку конуса бетонной смеси определяют, укладывая металлическую линейку ребром на верх конуса и измеряя расстояние от нижней грани линейки до верха бетонной смеси с погрешностью до 0,5 см.

Подвижность бетонной смеси определяют дважды. Осадку конуса бетонной смеси вычисляют с точностью до 1.0 см как среднее арифметическое результатов двух определений, отличающихся между собой не более чем на 1 см (при ОК ≤ 4 см); на 2 см (при ОК = 5 – 9 см); на 3 см (при ОК ≥ 10 см). При большем расхождении, а также, если определение осадки конуса затруднено вследствие сильной деформации бетонного конуса, измерение не выполняют и испытание повторяют на новой пробе бетонной смеси.

Если удобоукладываемость смеси соответствует требуемой, расчетные расходы цемента, воды, щебня (гравия) и песка принимают за окончательные. В случае, когда удобоукладываемость смеси меньше требуемой, то в пробном замесе увеличивают расходы воды V и цемента C (V/C при этом остается неизменным). Если удобоукладываемость смеси больше требуемой, то добавляют небольшими порциями песок и щебень (гравий), сохраняя их отношение постоянным.

Марку бетонной смеси по расплыву конуса определяют в следующей последовательности: предварительно увлажненную ткань конус заполняют смесью в один прием без штыкования и поверхность заглаживают. Не позднее, чем через 3-5 с, конус плавно снимают с бетонной смеси и после полного прекращения растекания смеси определяют расплыв конуса, который оценивают по нижнему диаметру смеси. Измерение осуществляют в двух перпендикулярных направлениях металлической линейкой. В качестве расчетного значения принимают среднее арифметическое из измерений по двум направлениям. Испытание проводят не менее двух раз и допустимое расхождение — 10%. Если расхождение результатов больше допустимого, а также в случае явного расслоения и водоотделения смеси и получения неравномерного расплыва испытание выполняют заново.

При определении удобоукладываемости смесей, не имеющих осадки или расплыва конуса, определяется жесткость бетонной смеси в секундах. Жесткость определяется с помощью технического вискозиметра.

Материалы и оборудование: проба бетонной смеси; виброплощадка лабораторная; стандартный конус; кельма, стержень стальной; секундомер; линейка стальная.

Выполнение работы. Жесткость бетонной смеси при наибольшей крупности зерен от 5 до 40 мм определяют на техническом вискозиметре. На виброплощадке жестко закрепляют цилиндрический сосуд вискозиметра, в котором закрепляют цилиндрическое кольцо, вставляют в него конус и заполняют его через насадку на полную высоту бетонной смесью, предварительно уплотняя штыкованием. Окончательное уплотнение бетонной смеси в конусе производят вибрированием до тех пор, пока на поверхности смеси и из-под нижнего основания конуса начнется заметное выделение цементного клея (5-30 с). Затем конус строго вертикально снимают, устанавливают на прибор штатив с диском и штангой и включают одновременно виброплощадку и секундомер. Вибрирование продолжают до выравнивания уровня штанги и верхней плоскости направляющей головки штатива. Это время в секундах, умноженное на усредненный переводной коэффициент 0,45, принимается за показатель жесткости бетонной смеси. За окончательное значение жесткости бетонной смеси принимают среднее арифметическое из результатов двух параллельных испытаний, отличающихся не более чем на 20%.

1.1.4 Определение средней плотности бетонной смеси

Плотность бетонной смеси на плотных и пористых заполнителях определяется по ГОСТ 10181.2-81 «Смеси бетонные. Метод определения плотности».

Материалы и оборудование: проба бетонной смеси; виброплощадка лабораторная; мерный сосуд для определения средней плотности; кельма, стержень стальной; весы лабораторные.

Выполнение работы. Вначале взвешивают пустой мерный сосуд с точностью до 0,1%. Размеры сосудов для определения средней плотности бетонной смеси приведены в табл. 1.6. Бетонные смеси при оперативном контроле допускается взвешивать в формах для изготовления контрольных образцов.

Таблица 1.6 – Размеры сосудов для определения средней плотности бетонной смеси

Наибольшая крупность щебня (гравия), мм	Объем мерных сосудов, дм ³	Внутренние размеры сосудов	
		Диаметр, мм	Высота, мм
40	5	186	186
100	15	267	267

Затем мерный сосуд заполняют бетонной смесью и уплотняют в зависимости от удобоукладываемости вручную штыкованием или на виброплощадке. Затем сосуд с бетонной смесью взвешивают с погрешностью не более 0,1 %. Среднюю плотность бетонной смеси $\rho_{ср. б. см}$, кг/м³ вычисляют по формуле:

$$\rho_{ср. б. см}^{\phi} = \frac{m - m_1}{V}, \quad (1.11)$$

где m — масса мерного сосуда с бетонной смесью, кг;

m_1 — масса пустого мерного сосуда, кг;

V — объем мерного сосуда, м³.

Испытания выполняются два раза для каждой пробы бетонной смеси. Отличия не должны превышать 5 %. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение из двух параллельных определений. Результат записывают в таблицу 1.7.

Таблица 1.7 – Результаты определения средней плотности бетонной смеси

Показатель	Номер испытания	
	1	2
Масса мерного сосуда с бетонной смесью m , кг		
Масса пустого мерного сосуда m_1 , кг		
Объем мерного сосуда V , м ³		
Средняя плотность бетонной смеси отдельного испытания $\rho_{\text{ср. б. см}}$, кг/м ³		
Среднее значение средней плотности бетонной смеси $\rho_{\text{ср. б. см}}$, кг/м ³		

Фактическую плотность бетонной смеси сравнивают с расчетной плотностью. Если расхождение между значениями плотности превышает 2 %, то состав бетона требуется корректировать.

1.1.5. Изготовление и хранение образцов для определения прочности бетона на сжатие

Количество образцов должно обеспечивать достоверность результатов испытания. Для определения прочности при сжатии, одного из наиважнейших свойств затвердевшего бетона, изготавливают не менее трех образцов. Форма и размеры образцов зависят от вида испытания и назначения бетона, крупности зерен заполнителя, которая не должна превышать $\frac{1}{4}$ наименьшего размера образца (длины ребра куба, диаметра цилиндра и др.). Для определения прочности при сжатии применяют образцы-кубы или цилиндры, размеры которых приведены в табл. 1.8.

Таблица 1.8 – Размеры образцов в зависимости от наибольшей крупности заполнителя

Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	Наименьший размер образца, мм
10 и менее	70
20	100
40	150
70	200
100 и более	300

Условия хранения и режим твердения образцов зависят от условий твердения бетона в конструкции и ее назначения. Все образцы изготавливают из одной пробы бетонной смеси при определении различных характеристик бетона. Между средней плотностью отдельных серий и средней плотностью отдельного образца допускается отличие не более 50 кг/м³.

Материалы и оборудование: бетонная смесь; виброплощадка лабораторная; металлические формы для изготовления контрольных образцов; кельма, стержень стальной; весы лабораторные, полиэтиленовая пленка или мешковина, ванна с гидравлическим затвором.

Выполнение работы. При лабораторных испытаниях и при производственном контроле, когда нет возможности выполнить формование образцов по технологии формования конструкций, образцы изготавливают следующим образом: формы заполняют бетонной смесью слоями по высоте не более 10 см, независимо от удобоукладываемости штыкуют стержнем диаметром 27 мм от краёв к середине формы из расчёта один нажим на 10см² верхней открытой поверхности.

Бетонные смеси с подвижностью менее 10 см и жёсткостью менее 11 с, после ручного уплотнения дополнительно уплотняют вибрированием на лабораторной площадке с частотой колебаний формы с бетонной смесью, закрепленной жёстко, (2900±100) колебаний в минуту и амплитудой (0,5±0,05) мм. Вибрируют до полного уплотнения и прекращают, когда поверх-

ность бетона выравнивается, а на ней появится тонкий слой цементного теста и прекратят выделяться пузырьки воздуха.

При изготовлении образцов из бетонной смеси жёсткостью 11 с смесь уплотняют вибрированием на виброплощадке с пригрузом, обеспечивающим давление, $(4 \pm 0,5)$ кПа. На форму надевают насадку, закрепляют жёстко на виброплощадке. Бетонной смесью заполняют форму с некоторым избытком, примерно до половины высоты насадки, укладывают сверху пригруз и вибрируют до прекращения оседания пригруза и дополнительно 5-10 с. Верхнюю поверхность образца заглаживают кельмой. Образцы в цилиндрических формах закрывают крышкой, кладут на боковую поверхность и хранят до распалубливания.

Образцы для твердения в нормально-влажностных условиях хранят в формах, покрытых влажной тканью или другим материалом, исключающим испарение воды с поверхности, при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Образцы из конструктивных тяжелых бетонов освобождают от форм не ранее, чем через 24 часа (из бетонов низкой прочности и бетонов с добавками, замедляющими твердение, через 48-72 часа), и затем помещают в камеру нормального твердения с температурой $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажностью $95 \pm 5\%$. Допускается хранение образцов во влажном песке, опилках или других увлажняемых гигроскопических материалах.

1.1.6. Определение фактического расхода материалов на 1 м^3 бетонной смеси

После испытания бетонной смеси устанавливают фактический расход компонентов на 1 м^3 бетона, для этого сначала определяют номинальный состав бетона:

$$\frac{\Pi}{\Pi} : \frac{\Pi}{\Pi} : \frac{\text{Щ}(\Gamma)}{\Pi} \text{ при } \frac{B}{\Pi} = Z, \quad \text{т.е. } 1:X:Y \text{ при } B/\Pi=Z, \quad (1.12)$$

где $X:Y$ — массовая часть песка и щебня соответственно, приходящаяся на одну массовую

$$\text{часть цемента: } X = \frac{\Pi}{\Pi}, \quad Y = \frac{\text{Щ}(\Gamma)}{\Pi};$$

Z — числовой показатель водоцементного отношения.

Фактический расход составляющих на 1 м^3 бетона определяют по формулам:

$$\begin{aligned} \Pi_{\phi} &= \Pi_{\phi} \cdot X; \\ \text{Щ}(\Gamma)_{\phi} &= \Pi_{\phi} \cdot Y; \\ B_{\phi} &= \Pi_{\phi} \cdot Z. \end{aligned} \quad (1.13)$$

$$\Pi_{\phi} = \frac{\rho_{\text{ср.б.см}}^{\phi}}{1 + X + Y + Z};$$

1.1.7. Определение рабочего состава бетона

Рабочий состав бетона определяют с учетом влажности заполнителей. Расход цемента не изменяется.

$$\begin{aligned} \Pi_p &= \Pi_{\phi} \cdot \left(1 + \frac{W_{\Pi}}{100}\right); \\ \text{Щ}(\Gamma)_p &= \text{Щ}(\Gamma)_{\phi} \cdot \left(1 + \frac{W_{\text{Щ}(\Gamma)}}{100}\right); \\ B_p &= B_{\phi} - \left(\Pi_{\phi} \frac{W_{\Pi}}{100} + \text{Щ}(\Gamma)_{\phi} \frac{W_{\text{Щ}(\Gamma)}}{100}\right). \end{aligned} \quad (1.14)$$

где W_{Π} , $W_{\text{Щ}(\Gamma)}$ — влажность песка и щебня (гравия), %.

1.1.8. Определение коэффициента выхода бетона

Коэффициент выхода бетона представляет собой отношение объема бетонной смеси в уплотненном состоянии (принимают 1 м³), к сумме объемов сухих составляющих (цемента, песка, щебня или гравия) в естественном состоянии:

$$\beta = \frac{V_{\phi}}{V_{\text{ц}} + V_{\text{п}} + V_{\text{Щ(Г)}}} \quad \text{или} \quad \beta = \frac{1}{\frac{\text{ц}}{\rho_{\text{н.ц}}} + \frac{\text{п}}{\rho_{\text{н.п}}} + \frac{\text{Щ(Г)}}{\rho_{\text{н.Щ(Г)}}}}, \quad (1.15)$$

где $\rho_{\text{н.ц}}$, $\rho_{\text{н.п}}$, $\rho_{\text{н.Щ(Г)}}$ — насыпные плотности цемента, песка, щебня (гравия), кг/м³.
Значение коэффициента выхода обычно находится в пределах 0.55...0.75.

1.1.9. Определение расхода материалов на замес бетоносмесителя

Дозировку составляющих бетонной смеси на замес бетоносмесителя с полезным объемом барабана $V_{\text{Б}}$ определяют по формулам:

$$\begin{aligned} \text{ц}_v &= \beta \cdot \frac{V_{\text{Б}}}{1} \cdot \text{ц}_\phi; & \text{п}_v &= \beta \cdot \frac{V_{\text{Б}}}{1} \cdot \text{п}_p; \\ B_v &= \beta \cdot \frac{V_{\text{Б}}}{1} \cdot B_p; & \text{Щ(Г)}_v &= \beta \cdot \frac{V_{\text{Б}}}{1} \cdot \text{Щ(Г)}_p; \end{aligned} \quad (1.16)$$

где $V_{\text{Б}}$ — полезный объем барабана бетоносмесителя, м³;
 ц , B_p , п_p , Щ(Г)_p — расход материалов с естественной влажностью на 1 м³ бетона, кг.

1.1.10. Определение прочности бетонов

Прочность бетона определяется чаще всего в возрасте 28 суток, хотя в зависимости от времени нагружения конструкций может определяться и в другом возрасте. В таких случаях для расчета ориентировочной прочности используют формулу

$$R_{28} = R_n \frac{\lg 28}{\lg n}, \quad (1.17)$$

где n — фактический возраст бетона при нормально-влажностном режиме твердения, сут.

Прочность бетона определяется по ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам», контроль прочности осуществляется по ГОСТ 18105-86 «Бетоны. Правила контроля прочности».

На предприятиях, приготавливающих бетонную смесь, при производстве сборных конструкций, на строительных объектах при бетонировании монолитных конструкций должен осуществляться статистический контроль и приём бетона по прочности с учетом его однородности. При проектировании конструкций расчетные и нормативные сопротивления бетона назначаются с учетом однородности. Поэтому, без учета однородности, при сравнении фактической прочности с нормируемой, приемка бетона не допускается. Контролируют:

- отпускную прочность для сборных конструкций;
- передаточную прочность для предварительно напряжённых конструкций;
- прочность бетона монолитных конструкций в промежуточном возрасте, установленном проектной документацией;
- прочность бетона в проектном возрасте.

При подборе состава бетона, когда отсутствуют данные об однородности бетона, средний уровень прочности принимают равным требуемой для заданного класса при коэффициенте вариации 13,5 % для тяжелого и лёгкого бетонов, т.е. 1,305.

Материалы и оборудование: пресс, контрольные образцы; штангенциркуль, приборы для определения отклонений от плоскостности опорных поверхностей образцов и отклонений от перпендикулярности смежных граней образцов.

Выполнение работы.

Испытания выполняют в помещении с температурой $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажностью воздуха не менее 55 %. Образцы, твердеющие в воздушно-влажностных условиях, после тепловой обработки, выдерживают в помещении 4 ч, образцы для определения передаточной и распалубочной прочности на сжатие в горячем состоянии испытывают без предварительной выдержки. Образцы одной серии должны быть испытаны за время не более 1 часа. Перед испытанием проверяют отклонения от перпендикулярности смежных граней образцов-кубов (не более 1 мм) и отклонения от плоскостности опорных поверхностей образцов-кубов (не более 0.1 мм).

Испытания на сжатие выполняют на гидравлическом прессе с точностью показаний $\pm 2\%$. Пресс должен иметь шаровую опору на одной из опорных плит. Шкалу силоизмерителя прессы выбирают из условия, чтобы разрушающая нагрузка находилась в интервале 20-80 % от максимальной, допускаемой шкалой. Нагрузка должна возрастать непрерывно и равномерно со скоростью $(0,6\pm 0,2)$ МПа/с до разрушения образца. Время нагружения одного образца должно быть не менее 30 секунд.

Образцы-кубы испытывают таким образом, чтобы сжимающая сила была направлена параллельно слоям укладки бетонной смеси и формы; при испытании образцов-цилиндров — перпендикулярно слоям укладки. Далее вычисляют площадь сжатия, для чего измеряют размеры образцов с точностью до 1 %. В образцах-кубах каждый линейный размер вычисляют как среднее арифметическое значение из двух измерений посередине противоположных граней. Диаметр образца-цилиндра определяют как среднее арифметическое значение результатов четырёх измерений (по два взаимно перпендикулярных измерения диаметра на каждом торце).

Предел прочности отдельного образца при сжатии f_c , МПа, с точностью до 0,1 МПа вычисляют по формуле

$$f_c = \alpha \cdot \frac{F}{A}, \quad (1.18)$$

где F - разрушающая нагрузка, Н;

A - площадь образца, мм²;

α - масштабный коэффициент для перевода к прочности образца базового размера с ребром 15 см, который определяют экспериментально или принимают по табл.1.9.

Таблица 1.9

Форма образца	Номинальные размеры образца	Минимальное значение α
Куб с ребром, мм	70	0.85
	100	0.91
	150	1.00
	200	1.05
	300	1.10
Цилиндры с диаметром и высотой, мм	70x140 и 100x200	1.16
	150x300	1.20
	200x400	1.24
	300x600	1.28

Предел прочности бетона определяют как среднее арифметическое значение пределов прочности испытанных образцов в серии:

- из двух образцов - по двум образцам;
- из трех образцов - по двум наибольшим значениям;
- из четырех образцов - по трём наибольшим значениям;
- из шести образцов - по четырём наибольшим значениям.

Результаты испытания образцов бетонов на сжатие записывают в таблицу 1.10.

Таблица 1.10 – Результаты испытаний бетона на прочность при сжатии

Показатель	Номер испытаний		
	1	2	3
Разрушающая нагрузка, Н			
Площадь образца, мм ²			
Прочность при сжатии, МПа			
Среднее значение предела прочности бетона при сжатии, МПа			

Класс бетона по прочности на сжатие — количественная величина, характеризующая качество бетона, соответствующая его гарантированной прочности на осевое сжатие, обозначаемая буквой «С» и числами: перед чертой — выражающими значение нормативного сопротивления (f_{ck} , МПа), после черты — гарантированной прочности бетона ($f_{c,cube}^G$, МПа), определяемой при испытании кубов с размером ребра 150 мм с учетом статистической изменчивости с обеспеченностью 0.95. Класс бетона (для бетонов С^{8/10} — С^{50/60}) определяют с использованием формулы:

$$f_{c,тр} = \frac{f_{c,cube}^G}{1 - 1.64V}, \quad f_{c,cube}^G = f_{c,тр} \cdot (1 - 1.64V), \quad (1.19)$$

где $f_{c,тр}$ — требуемая прочность бетона на сжатие, контролируемая по кубам, МПа;

1,64 — статистический коэффициент вариации при обеспеченности 95 %;

V — коэффициент вариации, равный 13,5 % (0,135) для всех видов бетонов, кроме: 17% (0,17) — для бетонов массивных гидротехнических конструкций, 18 % (0,18) — для теплоизоляционных бетонов.

1.2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ

1.2.1. Общие сведения. Классификация растворов

Строительный раствор это искусственный камневидный материал, представляющий собой затвердевшую смесь вяжущего, мелкого заполнителя, необходимых добавок и воды.

Особенностью строительных растворных смесей является укладка тонкими слоями без интенсивного механического уплотнения, в связи с чем растворные смеси должны обладать высокой подвижностью и не содержать в своем составе крупный заполнитель.

Для приготовления растворов используют преимущественно неорганические вяжущие вещества (цементы, воздушную известь и гипсовые вяжущие), однако в дорожном строительстве и при специальных работах применяют и органические вяжущие вещества (битумные, полимерные). При классификации растворов в качестве основного могут быть взяты различные признаки.

Согласно СТБ 1307-2002 строительные растворы классифицируют по назначению, применяемым вяжущим, средней плотности. В соответствии с СТБ 1307-2002 и пособием П1-03 к СНиП 3.04.01-87 можно выделить следующие виды растворов:

По назначению:

- кладочные;
- монтажные;
- штукатурные (в том числе для обычных и защитно-отделочных штукатурок);
- облицовочные;
- растворы для стяжек;
- специальные (гидроизоляционные, кислотостойкие, жаростойкие, акустические, теплоизоляционные, рентгенозащитные, инъекционные, тампонажные и др., к которым в зависимости от назначения предъявляют специальные требования).

По применяемым вяжущим растворы подразделяют на:

- простые (на вяжущем одного вида – цементные, известковые, гипсовые, а также полимерные, битумные и на основе растворимого стекла);

– сложные (на смешанных вяжущих – цементно-известковые, цементно-полимерные, цементно-глинистые, известково-гипсовые, битумно-полимерные и др.).

По средней плотности растворы подразделяют на:

– тяжелые (более 1500 кг/м³);

– легкие (до 1500 кг/м³).

Растворные смеси согласно СТБ 1307-2002 классифицируют по степени готовности:

Растворная смесь, готовая к применению (РСГП) — перемешанная смесь вяжущего, необходимых добавок, мелкого заполнителя и воды, полностью затворенная водой.

Растворная смесь предварительного изготовления (РСПИ) — перемешанная и частично затворенная водой до подвижности 1 – 3 см смесь вяжущего, необходимых добавок и мелкого заполнителя, дозатворяемая водой перед применением.

Растворная смесь сухая (РСС) — перемешанная смесь сухих компонентов: вяжущего, мелкого заполнителя и необходимых добавок, затворяемая водой или водной дисперсией полимеров перед применением.

1.2.2. Материалы для приготовления строительных растворов.

Вяжущие вещества. Строительные растворы изготавливают преимущественно с применением портландцемента и шлакопортландцемента, при этом расходуется до 15...20% от общего количества выпускаемых цементов. Для экономии клинкерных цементов целесообразно выпускать специальные цементы для строительных растворов, содержащие до 70...80% активных минеральных добавок (трепела, диатомита, пемзы, доменных шлаков, зол и др.) или добавок наполнителей (молотый кварцевый песок, известняк, пыль с электрофильтров и др.).

Наряду с этим для приготовления кладочных, штукатурных и специальных растворов используют: воздушную и гидравлическую известь, гипсовые вяжущие, растворимое стекло и смешанные вяжущие.

Для изготовления стяжек и защитных антикоррозионных покрытий используют растворимое стекло, полимерные (фурановые, фуранозпоксидные, эпоксидные и др.) и полимерцементные связующие (на основе латексов, водорастворимых смол и др.).

В дорожном строительстве в качестве вяжущего используют битумы.

Мелкий заполнитель. В качестве мелкого заполнителя для тяжелых строительных растворов применяют природные пески (кварцевые, полевошпатовые) или искусственные дробленые из плотных горных пород (граниты, известняки и др.). Для приготовления легких растворов используют пески из пористых пород (пемза, туф, ракушечник и др.) или из искусственных материалов (керамзитовые, перлитовые, аглопоритовые и др.). Крупность зерен заполнителя должна быть не более: 1,25 мм – в штукатурных растворах для накрывочного слоя и однослойных покрытий; 2,5 мм – в штукатурных растворах для обрызга и грунта; 5,0 мм – в кладочных и монтажных растворах. В отношении содержания вредных примесей пески должны удовлетворять требованиям к мелкому заполнителю для бетонов (изложенным в ГОСТ 26633-91).

Добавки. В связи с тем, что растворные смеси укладывают преимущественно тонким слоем на пористое основание, способное отсасывать воду из смеси, для сохранения удобоукладываемости и снижения вероятности их расслоения в состав смесей вводят добавки. Добавки широко используют и при производстве работ в зимнее время. Добавки к растворам должны удовлетворять требованиям СТБ 1112-98.

В зависимости от количества входящих в состав добавок продуктов они подразделяются на однокомпонентные (ДО) и комплексные (ДК). По агрегатному состоянию добавки подразделяют на жидкие (Ж), пастообразные (П), твердые (Т). По химической природе добавки подразделяют на органические и неорганические. В зависимости от водородного показателя (значения pH) добавки подразделяют на кислые, нейтральные и основные.

1.2.3. Методы испытания

В соответствии с требованиями ГОСТ 5802-86 испытания строительных растворов производят отдельно для свежеприготовленных смесей и затвердевших растворов. В первом случае определяют подвижность, средняя плотность, расслаиваемость и водоудерживающая способность, во втором – предел прочности на сжатие, средняя плотность, влажность, водопоглощение и морозостойкость.

Отбор проб для испытания производят из смесителя после окончания процесса перемешивания и на месте применения раствора из транспортных средств или рабочего ящика. Температура помещения, в котором проводят испытания, должна быть (20 ± 2) °С, относительная влажность воздуха 50 ... 70 %.

1.2.3.1. Определение подвижности растворной смеси

Подвижность свежеприготовленного раствора, характеризующаяся его способностью растекаться под действием собственной массы, оценивается измеряемой в сантиметрах глубиной погружения в нее эталонного конуса массой 300 г. эталонного прибора (см. рисунок 1.2).

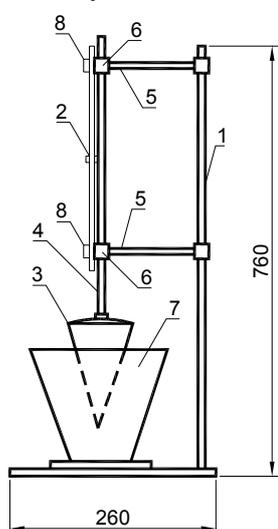


Рисунок 1.2 – Прибор для определения подвижности растворной смеси

- 1 – штанга;
- 2 – шкала;
- 3 – эталонный конус;
- 4 – штанга;
- 5 – держатели;
- 6 – направляющие;
- 7 – сосуд для растворной смеси;
- 8 – стопорный винт.

Проведение испытаний. Величину погружения конуса определяют в следующей последовательности. Прибор устанавливают на горизонтальной поверхности и проверяют свободу скольжения штанги 4 в направляющих 6. Сосуд 7 наполняют растворной смесью на 1 см ниже его краев и уплотняют ее путем штыкования стальным стержнем 25 раз и 5 – 6 кратным легким постукиванием о стол, после чего сосуд ставят на площадку прибора. Острие конуса 3 приводят в соприкосновение с поверхностью раствора в сосуде, закрепляют штангу конуса стопорным винтом 8 и делают первый отсчет по шкале. Затем отпускают стопорный винт. Конус должен погружаться в растворную смесь свободно. Второй отсчет снимают по шкале через 1 мин после начала погружения конуса. Глубину погружения конуса, измеряемую с погрешностью до 1 мм, определяют как разность между первым и вторым отсчетом.

Стандартом СТБ 1307-2002 установлены марки раствора по подвижности:

- П_{к1} – подвижность от 1 см до 4 см включительно;
- П_{к2} – подвижность свыше 4 см до 8 см включительно;
- П_{к3} – подвижность свыше 8 см до 12 см включительно;
- П_{к4} – подвижность свыше 12 см до 14 см включительно.

Подвижность назначают в зависимости от вида раствора, отсасывающей способности основания, технологии его нанесения и других факторов. Подвижность растворов обычно составляет: для кирпичной кладки 9...13 см, для заполнения швов между панелями и другими сборными элементами 4...6 см; для вибрированной бутовой кладки 1...3 см.

1.2.3.2. Определение средней плотности растворной смеси

Для определения средней плотности растворной смеси пользуются специальным сосудом вместимостью 1000 мл (см. рисунок 1.3).

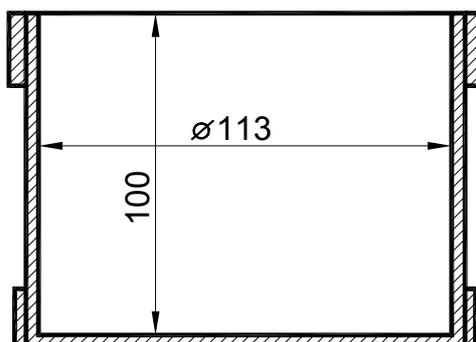


Рисунок 1.3 – Прибор для определения средней плотности растворной смеси

Проведение испытаний. Перед испытанием сосуд предварительно взвешивают с погрешностью до 2 г. Затем наполняют растворной смесью с избытком. Растворную смесь уплотняют путем штыкования стальным стержнем 25 раз и 5 – 6 кратным легким постукиванием о стол. После уплотнения избыток растворной смеси срезают стальной линейкой. Поверхность тщательно выравнивают вровень с краями сосуда. Стенки мерного сосуда очищают влажной ветошью от попавшего на них раствора. Затем сосуд с растворной смесью взвешивают с точностью до 2 г. Плотность растворной смеси ρ , г/см³, вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m - m_1}{1000}, \quad (1.18)$$

где m – масса мерного сосуда с растворной смесью, г;

m_1 – масса мерного сосуда без смеси, г.

Плотность растворной смеси определяют как среднее арифметическое значение результатов двух определений плотности смеси из одной пробы, отличающихся между собой не более чем на 5% от меньшего значения.

1.2.3.3. Определение расслаиваемости растворной смеси

Расслаиваемость растворной смеси, характеризующая ее связность при динамическом воздействии, определяют путем сопоставления содержания массы заполнителя в нижней и верхней частях свежееотформованного образца размерам 150×150×150 мм.

Проведение испытаний. Растворную смесь укладывают и уплотняют в форме для контрольных образцов размерами 150×150×150 мм. После этого уплотненную растворную смесь в форме подвергают вибрационному воздействию на лабораторной виброплощадке в течение 1 мин. После вибрирования верхний слой раствора высотой (7,5±0,5) мм из формы отбирают на противень, а нижнюю часть образца выгружают из формы путем опрокидывания на второй противень. Отобранные пробы растворной смеси взвешивают с погрешностью до 2 г. и подвергают мокрому рассеиву на сите с отверстиями 0,14 мм. При мокром рассеиве отдельные части пробы, уложенные на сито, промывают струей чистой воды до полного удаления вяжущего. Промывку смеси считают законченной, когда из сита вытекает чистая вода. Отмытые порции заполнителя переносят на чистый противень, высушивают до постоянной массы при температуре 105 – 110 °С и взвешивают с погрешностью до 2 г. Содержание заполнителя в верхней (нижней) частях уплотненной растворной смеси V в процентах определяют по формуле:

$$V = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100, \quad (1.19)$$

где m_1 – масса отмытого высушенного заполнителя из верхней (нижней) части образца, г;

m_2 – масса растворной смеси, отобранной пробы из верхней (нижней) части образца, г.
Показатель расслаиваемости растворной смеси Π в процентах определяют по формуле

$$\Pi = \frac{\Delta V}{\sum V} \cdot 100, \quad (1.20)$$

где ΔV – абсолютная величина разности между содержанием заполнителя в верхней и нижней частях образца, %;

$\sum V$ – суммарное содержание заполнителя верхней и нижней частей образца, %.

Показатель расслоения для каждой пробы растворной смеси определяют дважды и вычисляют с округлением до 1% как среднее арифметическое значение результатов двух определений, отличающихся между собой не более чем на 20% от меньшего значения. При большем расхождении результатов определение повторяют на новой пробе растворной смеси.

1.2.3.4. Определение водоудерживающей способности растворной смеси

Водоудерживающую способность определяют путем испытания слоя растворной смеси толщиной 12 мм, уложенного на промокательную бумагу с помощью специального кольца (см. рисунок 1.4).

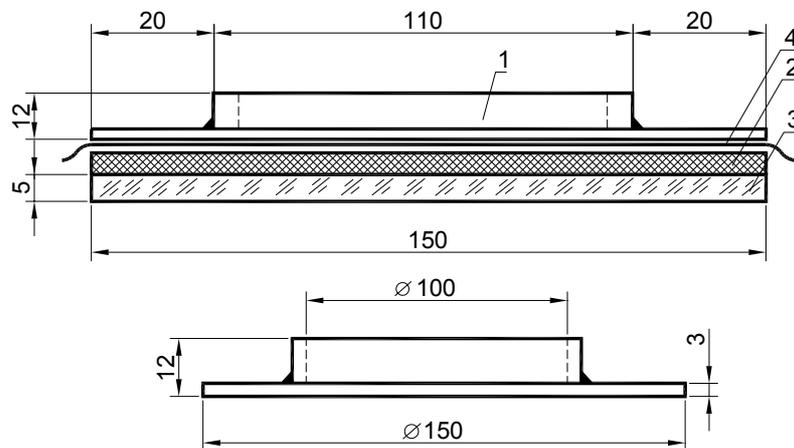


Рисунок 1.4 – Кольцо для определения водоудерживающей способности

- 1 – металлическое кольцо с раствором;
- 2 – 10 слоев промокательной бумаги;
- 3 – стеклянная пластина;
- 4 – слой марлевой ткани.

Проведение испытаний. Перед испытанием 10 листов промокательной бумаги взвешивают с погрешностью до 0,1 г, укладывают на стеклянную пластинку, сверху укладывают прокладку из марлевой ткани, устанавливают металлическое кольцо и еще раз взвешивают. Тщательно перемешанную растворную смесь укладывают вровень с краями металлического кольца, выравнивают, взвешивают и оставляют на 10 мин. Металлическое кольцо с раствором осторожно снимают вместе с марлей. Промокательную бумагу взвешивают с погрешностью до 0,1 г. Водоудерживающую способность растворной смеси определяют выраженным в процентах содержанием воды в пробе до и после эксперимента по формуле:

$$V = \left(100 - \frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_3} \cdot 100 \right) \quad (1.21)$$

где m_1 – масса промокательной бумаги до испытаний, г;

m_2 – масса промокательной бумаги после испытания, г;

m_3 – масса установки без растворной смеси, г;

m_4 - масса установки с растворной смесью, г.

Водоудерживающую способность растворной смеси определяют дважды для каждой пробы растворной смеси и вычисляют как среднее арифметическое значение результатов двух определений, отличающихся между собой не более чем на 20% от меньшего значения.

1.2.3.5. Определение предела прочности раствора на сжатие

Прочность раствора на сжатие должна определяться на образцах-кубах размерами 70,7×70,7×70,7 мм в возрасте, установленном в стандарте или технических условиях на данный вид раствора. На каждый срок испытания изготавливают три образца.

Образцы из растворной смеси подвижностью до 5 см должны изготавливаться в формах с поддоном. Форму заполняют раствором в два слоя. Уплотнение слоев раствора в каждом отделении формы производят 12 нажимами шпателя: 6 нажимов вдоль одной стороны и 6 – в перпендикулярном направлении. Избыток раствора срезают вровень с краями формы смоченной водой стальной линейкой и заглаживают поверхность. Образцы из растворной смеси подвижностью 5 см и более изготавливают в формах без поддона. Форму устанавливают на кирпич, покрытый газетной бумагой, смоченной водой, или другой непроклеенной бумагой. Размер бумаги должен быть таким, чтобы она закрывала боковые грани кирпича. Кирпичи перед употреблением должны быть притерты вручную один о другой для устранения резких неровностей. Кирпич применяют глиняный обыкновенный влажностью не более 2% и водопоглощением 10 – 15% по массе. Кирпичи со следами цемента на гранях повторному использованию не подлежат. Формы заполняют растворной смесью за один прием с некоторым избытком и уплотняют ее путем штыкования стальным стержнем 25 раз по концентрической окружности от центра к краям. Формы, заполненные растворной смесью на гидравлических вяжущих, выдерживают до распалубки в камере нормального хранения при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха 95 – 100%, а формы, заполненные растворной смесью на воздушных вяжущих, – в помещении при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности (65 ± 10) %.

Образцы освобождают из форм через (24 ± 2) ч после укладки растворной смеси. После освобождения из форм образцы должны храниться при температуре (20 ± 2) °С. При этом должны соблюдаться следующие условия: образцы из растворов, приготовленных на гидравлических вяжущих, в течение первых 3 сут должны храниться в камере нормального хранения при относительной влажности воздуха 95 – 100%, а оставшееся до испытания время – в помещении при относительной влажности воздуха (65 ± 10) % (из растворов, твердеющих на воздухе) или в воде (из растворов, твердеющих во влажной среде); образцы из растворов, приготовленных на воздушных вяжущих, должны храниться в помещении при относительной влажности воздуха (65 ± 10) %.

Испытание образцов проводят на гидравлическом прессе. Достигнутое в процессе испытания максимальное усилие принимают за разрушающую нагрузку. Предел прочности раствора на сжатие R вычисляют для каждого образца с погрешностью до 0,01 МПа (0,1 кгс/см²) по формуле:

$$R = \frac{P}{A}, \quad (1.22)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;

A – рабочая площадь сечения образца, см².

Предел прочности раствора на сжатие вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытаний трех образцов.

При производственном контроле растворов, к которым одновременно предъявляются требования по прочности на растяжение при изгибе и на сжатие, допускается определять прочность раствора на сжатие испытанием половинок образцов-призм размером 40×40×160 мм, изготовленных и твердевших в соответствии с приведенной методикой.

Прочность растворов на сжатие в проектном возрасте характеризуют марками: М4, М10, М25, М50, М75, М100, М150, М200. Марку по прочности на сжатие назначают и контролируют для всех видов растворов. Растворы марок 4 и 10 обычно изготавливают на местных вяжущих (воздушная или гидравлическая известь, гипс и др.).

1.2.3.6. Определение средней плотности раствора

Плотность раствора определяют испытанием образцов-кубов с ребром 70,7 мм, изготовленных из растворной смеси рабочего состава, либо пластин размером 50×50 мм, взятых из швов конструкций. Толщина пластин должна соответствовать толщине шва. При производственном контроле плотность растворов определяют испытанием образцов, предназначенных для определения прочности раствора. Образцы изготавливают и испытывают сериями. Серия должна состоять из трех образцов.

Плотность раствора определяют испытанием образцов в состоянии естественной влажности или нормированном влажностном состоянии: сухом, воздушно-сухом, нормальном, водонасыщенном. При определении плотности раствора в состоянии естественной влажности образцы испытывают сразу же после их отбора или хранят в паронепроницаемой упаковке или герметичной таре, объем которой превышает объем уложенных в нее образцов не более чем в 2 раза. Плотность раствора при нормируемом влажностном состоянии определяют испытанием образцов раствора, имеющих нормируемую влажность или произвольную влажность с последующим пересчетом полученных результатов на нормированную влажность. При определении плотности раствора в сухом состоянии образцы высушивают до постоянной массы. При определении плотности раствора в воздушно-сухом состоянии образцы перед испытанием выдерживают не менее 28 сут в помещении при температуре (25 ± 10) °С и относительной влажности воздуха (50 ± 20) %. При определении плотности раствора в нормальных влажностных условиях образцы хранят 28 сут в камере нормального твердения, эксикаторе или другой герметичной емкости при относительной влажности воздуха не менее 95% и температуре (20 ± 2) °С. При определении плотности раствора в водонасыщенном состоянии образцы предварительно насыщают водой.

Проведение испытания. Объем образцов вычисляют по их геометрическим размерам. Размеры образцов определяют штангенциркулем с погрешностью не более 0,1 мм. Массу образцов определяют взвешиванием с погрешностью не более 0,1%. Плотность образца раствора ρ_w вычисляют с погрешностью до 1 кг/м³ по формуле:

$$\rho_w = \frac{m}{V} \cdot 1000, \quad (1.23)$$

где m - масса образца, г;

V – объем образца, см³.

Плотность раствора серии образцов вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытания всех образцов серии. Если определение плотности и прочности раствора производят испытанием одних и тех же образцов, то образцы, отбракованные при определении прочности раствора, не учитывают при определении его плотности.

1.2.4. Подбор состава растворов

Согласно пособию П1-03 к СНиП 3.04.01-87 подбор состава раствора рекомендуется выполнять любым способом, гарантирующим обеспечение нормируемых значений показателей качества раствора, по методикам, пособиям, рекомендациям, утвержденным в установленном порядке. Подобранный состав раствора подлежит проверке в лабораторных условиях. По результатам испытаний производят корректировку состава и его передачу на производство.

Подбор состава раствора включает разработку задания, выбор материалов и установление такого их расхода на 1 м³ раствора, при котором наиболее экономично обеспечиваются заданные показатели качества растворной смеси и раствора, экспериментальную проверку выбранного состава.

Задание на подбор состава раствора устанавливается по материалам проектной документации и должно содержать следующие данные:

- вид и качество всех компонентов смеси;
- нормируемые требования к растворной смеси и раствору,
- условия твердения раствора;
- дополнительные требования (при необходимости).

Подбор состава растворов может производиться следующими методами:

- рецептурно-технологическим;
- расчетно-экспериментальным.

1.2.4.1. Рецептурно-технологический метод подбора состава раствора

Рецептурно-технологический метод подбора состава раствора основан на использовании опытных (производственных) составов растворных смесей, обеспечивающих требуемые показатели качества растворов, и может использоваться для всех видов растворов. Рекомендуемые составы цементно-известковых и цементных кладочных растворов для каменных конструкций приведены в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Рекомендуемые составы кладочных растворов

Марка вяжущего	Марки растворов							
	200	150	100	75	50	25	10	4
Составы цементно-известковых растворов для надземных конструкций (цемент:известь:песок) при относительной влажности воздуха помещений до 60 % включ. и для фундаментов в маловлажных грунтах								
500	1:0,2:3	1:0,3:4	1:0,5:5,5	1:0,8:7	—	—	—	—
400	1:0,1:2,5	1:0,2:3	1:0,4:4,5	1:0,5:5,5	1:0,9:8	—	—	—
300	—	1:0,1:2,5	1:0,2:3,5	1:0,3:4	1:0,6:6	1:1,4:10,5	—	—
200	—	—	—	1:0,1:2,5	1:0,3:4	1:0,8:7	—	—
150	—	—	—	—	—	1:0,3:4	1:1,2:9,5	—
100	—	—	—	—	—	1:0,1:2	1:0,5:5	—
50	—	—	—	—	—	—	1:0,1:2,5	1:0,7:6
25	—	—	—	—	—	—	—	1:0,2:3
Составы цементно-известковых растворов для надземных конструкций (цемент:известь:песок) при относительной влажности воздуха помещений более 60 % и для фундаментов во влажных грунтах								
500	1:0,2:3	1:0,3:4	1:0,5:5,5	1:0,8:7	—	—	—	—
400	1:0,1:2,5	1:0,2:3	1:0,4:4,5	1:0,5:5,5	1:0,9:8	—	—	—
300	—	1:0,1:2,5	1:0,2:3,5	1:0,3:4	1:0,6:6	1:1:10,5	—	—
200	—	—	—	1:0,1:2,5	1:0,3:4	1:0,8:7	—	—
150	—	—	—	—	—	1:0,3:4	1:1:9	—
100	—	—	—	—	—	1:0,1:2	1:0,5:5	—
Составы цементных растворов для фундаментов и других конструкций (цемент:песок), расположенных в водонасыщенных грунтах и ниже уровня грунтовых вод								
500	1:3	1:4	1:5,5	1:6	—	—	—	—
400	1:2,5	1:3	1:4,5	1:5,5	—	—	—	—
300	—	1:2,5	1:3	1:4	1:6	—	—	—
200	—	—	—	1:2,5	1:4	—	—	—
Примечания								
1. Составы растворов приведены для песка с модулем крупности $M_k = 2,5$ и более.								
2. Соотношение компонентов указано по объему.								

Выбранный состав раствора подлежит экспериментальной проверке и корректировке с учетом характеристик конкретных материалов.

Пример расчета. Определить состав цементно-известкового раствора марки 50 для надземной кладки в летних условиях стен зданий с относительной влажностью воздуха помещений более 60 %. Подвижность растворной смеси: 9...10 см. Материалы: портландцемент марки 400, $\rho_n = 1200 \text{ кг/м}^3$; неорганический пластификатор – известковое тесто, $\rho_d = 1400 \text{ кг/м}^3$; песок природный кварцевый средней крупности, $\rho_{вп} = 1250 \text{ кг/м}^3$.

1. Из таблицы 1.10 выбираем состав 1:0,9:8.

2. Рассчитываем расход компонентов на лабораторный замес (на 3 л песка):

2.1. Расход цемента на замес $V_{цз}$, л, составит: $V_{цз} = \frac{3}{8} \cdot 1 = 0,375$

или по массе $Q_{цз}$, кг: $Q_{цз} = 0,375 \cdot 1,2 = 0,45$.

2.2. Расход известкового теста на замес $V_{дз}$, л, составит: $V_{дз} = \frac{3}{8} \cdot 0,9 = 0,338$

или по массе $Q_{дз}$, кг: $Q_{дз} = 0,338 \cdot 1,4 = 0,473$.

2.3. Расход песка на замес $V_{пз}$, л, составит: $V_{пз} = \frac{3}{8} \cdot 8 = 3$

или по массе $Q_{пз}$, кг: $Q_{пз} = 3 \cdot 1,25 = 3,75$.

2.4. Расход воды для получения раствора заданной подвижности зависит от состава раствора, вида вяжущего и заполнителя и устанавливается в опытных замесах. Расход воды Q_v в л на 1 м^3 песка определяют приближенно по формулам:

для смесей с подвижностью Пк1: $Q_v = 0,35 (Q_{ц} + Q_{д})$, (1.24)

для смесей с подвижностью Пк3: $Q_v = 0,5 (Q_{ц} + Q_{д})$. (1.25)

Расход воды на замес $Q_{вз}$, л, составит: $Q_{вз} = 0,5 (Q_{цз} + Q_{дз}) = 0,5 (0,45 + 0,473) = 0,462$.

3. Приготавливают пробные замесы. Расход воды для первого замеса принимают равным $0,9 Q_{вз}$, л: $0,9 \cdot Q_{вз} = 0,9 \cdot 0,462 = 0,416$.

4. Определяют подвижность растворной смеси, корректируют расход воды. При подвижности смеси 9 см расход воды на лабораторный замес $Q_{влз}$ составил 0,45 л или на 1 м^3 песка:

$$Q_v = \frac{0,45 \cdot 1000}{3} = 150 \text{ л.}$$

Определяют плотность растворной смеси, она составила 1900 кг/м^3 .

Изготавливают образцы-кубики с ребром 70,7 мм для определения прочностных характеристик раствора.

5. Определяют расход составляющих на 1 м^3 песка:

$$V_{ц} = \frac{0,375}{3} \cdot 1000 = 125 \text{ л}$$

или по массе $Q_{ц}$, кг: $Q_{ц} = 125 \cdot 1,2 = 150 \text{ кг}$.

$$V_{д} = \frac{0,338}{3} \cdot 1000 = 113 \text{ л}$$

или по массе $Q_{д}$, кг: $Q_{д} = 113 \cdot 1,4 = 158,2 \text{ кг}$.

$$V_{п} = \frac{3}{3} \cdot 1000 = 1000 \text{ л}$$

или по массе $Q_{пз}$, кг: $Q_{пз} = 1000 \cdot 1,25 = 1250 \text{ кг}$.

6. Определяют расход материалов на 1 м³ раствора. Расход материалов на 1 м³ раствора равен отношению их расхода на 1 м³ песка на фактический объем растворной смеси. Определяют фактический объем растворной смеси $V_{рф}$, м³, при установленной дозировке материалов на 1 м³ песка:

$$V_{рф} = \frac{\sum m}{\rho_{см}} = \frac{150 + 158,2 + 1250 + 150}{1900} = 0,899.$$

- цемент ($Q_{цф}$, кг): $Q_{цф} = Q_{ц}/V_{рф} = 150/0,899 = 166,85$;
- известковое тесто ($Q_{дф}$, кг): $Q_{дф} = Q_{д}/V_{рф} = 158,2/0,899 = 175,97$;
- песок ($Q_{пф}$, кг): $Q_{пф} = Q_{п}/V_{рф} = 1250/0,899 = 1390,43$;
- вода ($Q_{вф}$, л): $Q_{вф} = Q_{в}/V_{рф} = 150/0,899 = 166,85$.

Результаты расчетов сводим в таблицу.

Таблица 1.12 – Расход компонентов для приготовления раствора

Наименование материала	Расход материалов		
	на 1 м ³ песка		на 1 м ³ раствора
	кг	л	кг
Цемент	150	125	166,85
Известковое тесто	158,2	113	175,97
Песок	1250	1000	1390,43
Вода	150	150	166,85

1.2.4.2. Расчетно-экспериментальный метод подбора состава раствора

Расчетно-экспериментальный метод подбора состава раствора основан на выполнении предварительного расчета расхода составляющих (вяжущего, заполнителей, наполнителей, воды и добавок) на основе научно-обоснованных и экспериментально проверенных зависимостей и распространяется на подбор состава тяжелых кладочных и монтажных растворов. Состав растворов марок 25 – 200 подбирают следующим образом.

Предварительно устанавливают ориентировочное количество цемента $Q_{ц}$ в кг на 1 м³ песка, необходимое для получения раствора заданной прочности по формуле:

$$Q_{ц} = \frac{830 R_p}{K_n R_{ц}} + 45, \quad (1.26)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий качество песка:

- $K_n = 1$ – для крупного песка;
- $K_n = 0,8$ – для песка средней крупности;
- $K_n = 0,6 \dots 0,7$ – для мелкого песка.

Определяют количество объемных частей песка $\Pi_{ч}$, которое приходится на одну объемную часть цемента, по формуле:

$$\Pi_{ч} = \frac{\rho_n}{Q_{ц}}, \quad (1.27)$$

где ρ_n – плотность цемента в насыпном состоянии, кг/м³.

Для вяжущего марок 300 ... 500 плотность цемента принимают равной 1200 кг/м³, а для марок 150 ... 200 – 1100 кг/м³.

Расход неорганического пластификатора (известкового теста) $V_{д}$ в м³ на 1 м³ песка определяют по формуле:

$$V_{д} = 0,17 \left(1 - \frac{2Q_{ц}}{1000} \right). \quad (1.28)$$

Минимальное количество объемных частей известкового теста $I_{ц}$, приходящееся на одну объемную часть цемента и необходимое для получения удобоукладываемого раствора, определяют по формуле:

$$I_{ц} = \left(0,17 - \frac{0,34 Q_{ц}}{1000} \right) П_{ц}. \quad (1.29)$$

Это количество неорганического пластификатора ($I_{ц}$) является ориентировочным. Его уточняют опытной проверкой подвижности растворной смеси.

Состав раствора в частях по объему характеризуют соотношением цемент: известь: песок = 1: $I_{ц}$: $П_{ц}$.

Расход воды для получения раствора заданной подвижности зависит от состава раствора, вида вяжущего и заполнителя и устанавливается в опытных замесах. Расход воды $Q_{в}$ в л на 1 м³ песка определяют приближенно по формулам (1.24) и (1.25).

При применении известкового теста или известкового молока плотностью более или менее 1400 кг/м³ их количество по объему определяют умножением объема известкового теста плотностью 1400 кг/м³ на переходные коэффициенты.

Для кладочных и монтажных растворов минимальный расход цемента на 1 м³ сухого песка в зависимости от влажностного режима помещений должен быть:

100 кг – для конструкций, эксплуатируемых при сухом и нормальном режиме помещений;

125 кг – для фундаментов и конструкций, эксплуатируемых при влажном режиме помещений;

175 кг – при мокром режиме помещений.

Пример расчета. Требуется определить состав цементно-известкового раствора марки 50 для надземной кладки в летних условиях стен зданий с относительной влажностью воздуха помещений 50 – 60 %. Подвижность растворной смеси – 7 ... 8 см. Материалы: портландцемент марки 300, $\rho_{п} = 1200$ кг/м³; неорганический пластификатор – известковое тесто, $\rho_{д} = 1400$ кг/м³; песок природный кварцевый средней крупности, $\rho_{вп} = 1250$ кг/м³.

1. Определяют расход цемента, $Q_{ц}$, кг на 1 м³ песка:

$$Q_{ц} = \frac{830 R_p}{K_n R_{ц}} + 45 = \frac{830 \cdot 5}{0,8 \cdot 30} + 45 = 218$$

2. Определяют количество объемных частей песка $П_{ц}$, приходящихся на одну объемную часть цемента: $П_{ц} = \rho_{п}/Q_{ц} = 1200/218 = 5,5$.

3. Определяют расход известкового теста $V_{д}$, м³ на 1 м³ песка:

$$V_{д} = 0,17 \left(1 - \frac{2 Q_{ц}}{1000} \right) = 0,17 (1 - 2 \cdot 0,218) = 0,096 \text{ м}^3$$

или по массе $Q_{д}$, кг на 1 м³ песка: $Q_{д} = V_{д} \rho_{д} = 0,096 \cdot 1400 = 134$.

6. Определяют количество объемных частей известкового теста $I_{ц}$, приходящееся на одну объемную часть цемента:

$$I_{ц} = \left(0,17 - \frac{0,34 Q_{ц}}{1000} \right) П_{ц} = (0,17 - 0,34 \cdot 0,218) \cdot 5,5 = 0,53$$

Состав раствора в частях по объему будет следующим: цемент:известь:песок = 1:0,53:5,5.

5. Определяют расход воды $Q_{в}$, л на 1 м³ песка: $Q_{в} = 0,5 (Q_{ц} + Q_{д}) = 0,5 \cdot (218 + 134) = 176$.

6. Определяют дозировку материалов для лабораторного замеса:

$$\text{– цемент } (Q_{цлз}, \text{ кг}): Q_{цлз} = \frac{Q_{ц} V_{лз}}{1000} = \frac{218 \cdot 3}{1000} = 0,654,$$

где $V_{лз}$ — количество песка на один лабораторный замес, $V_{лз} = 3$ л;

– известковое тесто ($Q_{длз}, \text{ кг}$): $Q_{длз} = 134 \cdot 0,003 = 0,4$;

– песок ($Q_{плз}$, кг): $Q_{плз} = 1250 \cdot 0,003 = 3,75$;

– вода ($Q_{влз}$, л): $Q_{влз} = 176 \cdot 0,003 = 0,53$.

7. Приготавливают пробные замесы. Расход воды для первого замеса принимают равным $0,9 Q_{влз}$, л, принимают равным: $0,9 \cdot Q_{влз} = 0,9 \cdot 0,53 = 0,46$.

8. Определяют подвижность растворной смеси, корректируют расход воды и определяют плотность растворной смеси. При подвижности смеси 7 см расход воды на лабораторный замес $Q_{влз}$ составил 0,5 л или на 1 м^3 песка:

$$Q_v = \frac{0,5 \cdot 1000}{3} = 167 \text{ л.}$$

Плотность растворной смеси $\rho_{см}$ составила 1950 кг/м^3 .

9. Изготавливают образцы-кубики с ребром 70,7 мм для определения прочностных характеристик раствора.

10. Определяют расход материалов на 1 м^3 раствора. Расход материалов на 1 м^3 раствора равен отношению их расхода на 1 м^3 песка на фактический объем растворной смеси. Определяют фактический объем растворной смеси $V_{рф}$, м^3 , при установленной дозировке материалов на 1 м^3 песка:

$$V_{рф} = \frac{\sum m}{\rho_{см}} = \frac{218 + 134 + 1250 + 167}{1950} = 0,91.$$

– цемент ($Q_{цф}$, кг): $Q_{цф} = Q_c/V_{рф} = 218/0,91 = 240$;

– известковое тесто ($Q_{дф}$, кг): $Q_{дф} = Q_d/V_{рф} = 134/0,91 = 147$;

– песок ($Q_{пф}$, кг): $Q_{пф} = Q_p/V_{рф} = 1250/0,91 = 1374$;

– вода ($Q_{вф}$, л): $Q_{вф} = Q_v/V_{рф} = 167/0,91 = 184$.

Полученные значения расхода материалов сводят в таблицу.

Таблица 1.13 – Расход материалов для приготовления раствора

Наименование материала	Расход материалов		
	на 1 м^3 песка		на 1 м^3 раствора
	кг	л	кг
Цемент	218	182	240
Известковое тесто	134	96	147
Песок	1250	1000	1374
Вода	167	167	184

1.2.4.2. Испытание образцов раствора на сжатие.

Результаты испытания образцов раствора на сжатие заносят в таблицу.

Таблица 1.14 – Результаты испытаний раствора на прочность при сжатии

Показатель	Номер испытаний		
	1	2	3
Разрушающая нагрузка, Н			
Площадь образца, мм^2			
Прочность при сжатии, МПа			
Среднее значение предела прочности бетона при сжатии, МПа			

По результатам испытаний делают вывод.

2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

2.1. ИСПЫТАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

Древесина обладает сравнительно высокой прочностью при небольшой средней плотности, упругостью, малой теплопроводностью, хорошими технологическими свойствами. Благодаря этим положительным качествам и относительно небольшой стоимости древесина весьма широко применяется в строительстве. Однако, как строительный материал, древесина имеет ряд недостатков, к которым можно отнести следующие: а) анизотропность, т.е. неоднородность строения, обуславливающую различие показателей прочности и теплопроводности вдоль и поперёк волокон; б) гигроскопичность древесины, вследствие чего при колебаниях влажности окружающей среды может возникнуть коробление и образование трещин в конструкции; в) загниваемость и лёгкая воспламеняемость; г) изменение прочности в пределах одной и той же породы в зависимости от условий роста дерева или наличия тех или иных пороков.

При выполнении работы необходимо ознакомиться с макростроением древесины, определить содержание поздней /летней древесины/, предел прочности при сжатии вдоль и поперёк волокон, статический изгиб.

Все показатели физико-механических свойств древесины должны приводиться к стандартной влажности 12%.

2.1.1. Изучение строения древесины

Древесина – неоднородный анизотропный материал биологического происхождения, полученный из высших видов растений. Ткань древесины состоит из клеток различного типа, которые в живом растении выполняют три функции: механическую, водопроводящую и обмена веществ. Растущее дерево состоит из корневой системы, ствола и кроны. Промышленное значение имеет ствол (30...90% древесины). Верхняя часть ствола называется вершиной, нижняя комлем. Строение древесины изучают при увеличении различной силы или, в некоторых случаях, невооружённым глазом. Строение, достаточно хорошо видимое невооружённым глазом или при слабом увеличении /через лупу/, называется макроструктурой. Макроструктуру изучают на образцах хвойных и лиственных пород. Ввиду анизотропии свойств древесины, строение её изучают в трёх направлениях: 1) в поперечном разрезе – в плоскости, проходящей поперёк оси ствола; 2) в радиальном разрезе – в плоскости, проходящей вдоль оси ствола по диаметру /или радиусу/; 3) в тангенциальном разрезе – в плоскости, проходящей вдоль ствола на хорде поперечного сечения, на некотором расстоянии от оси ствола (рис.2.1).



Рисунок 2.1 – Макроструктура древесины

Слой древесины, образовавшийся в течение года, называют годовым слоем. В поперечном направлении годовые слои имеют вид концентрических колец. Годовой слой состоит из двух зон:

- 1) весенней или ранней древесины, образовавшейся весной и ранним летом и состоящей из крупных клеток с тонкими стенками;
- 2) осенней или поздней древесины, образовавшейся поздним летом и осенью и состоящей из мелких клеток с более толстыми стенками. Этот слой имеет более тёмную окраску.

Перпендикулярно годовым слоям идут сердцевинные лучи – тонкостенные клетки, проходящие по радиусу от периферии ствола к сердцевине. Серцевинные лучи некоторых древесных пород имеют отличный от древесины цвет, блеск, окраску, и в сечении с годовыми слоями образуют красивые текстуры на радиальном (клён, бук) или тангенциальном (дуб, орех и др.) разрезах.

В зависимости от вида клеток и сосудов, расположения их в древесине различают породы:

- хвойные (сосна, ель и др.);
- лиственные кольцесосудистые (дуб, ясень, тополь и др.) и лиственные рассеяно-сосудистые (берёза, липа, осина и др.).

У хвойных и лиственных кольцесосудистых пород годовые слои хорошо видны. У лиственных рассеяно-сосудистых они различимы хуже. У большинства хвойных пород в промежутках между клетками (чаще всего в поздней древесине) встречаются участки, заполненные смолой (смоляные ходы). Они видны на торцевом разрезе лишь при рассмотрении под лупой, а на продольном (радиальном) различимы невооружённым глазом в виде тёмных линий.

При изучении макроструктуры древесины требуется зарисовать видимую картину строения сосны и дуба: срезы хвойной и лиственной породы, указать годовые слои, позднюю и раннюю древесину, смоляные ходы для хвойной породы, сердцевинные лучи, сосуды.

Дуб – ядровая порода, имеет узкую желтовато-белую заболонь. Древесина твёрдая, тяжёлая, очень прочная и упругая. При длительном хранении под водой прочность и твердость значительно возрастает, цвет становится чёрный. Используется для гидротехнического и мостостроения, изготовления ответственных частей здания, гнутых изделий, фанеры, паркета и др.

Сосна — ядровая порода. Цвет ядра розоватый, желтоватый или буроватый; заболонь — желтовато-белая. Древесина мягкая, легкая, упругая, хорошо колется. Используется в мостостроении, для изготовления столбов, досок, столярных изделий, опалубки и др.

2.1.2. Определение содержания поздней древесины и приближённая оценка предела прочности на сжатие

Прочностные свойства древесины в значительной степени зависят от её средней плотности, которая непосредственно зависит от процентного содержания в дереве поздней древесины. Отсюда вытекает возможность приближённой оценки прочности древесины по процентному содержанию поздней древесины.

Процент поздней древесины определяют следующим способом: на гладко обработанной торцевой поверхности образца проводят линию по направлению радиуса годовых колец и на ней отмечают отрезок l (рис.2.2).

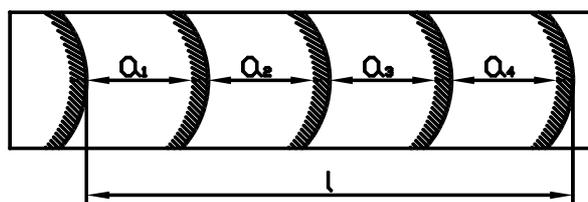


Рисунок 2.2 – Определение содержания поздней древесины

На этом участке определяют суммарную толщину поздней части годовых колец. Процент древесины определяют по формуле:

$$m = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n) \cdot 100/l \quad (2.1)$$

Ориентировочный предел прочности производится по эмпирическим формулам:

$$R_{сжс} = 0.6m + 30, \text{ МПа} \quad (\text{для сосны}) \quad (2.2)$$

$$R_{сжс} = 0.32m + 29.4, \text{ МПа} \quad (\text{для дуба}) \quad (2.3)$$

Таблица 2.1 — Определение содержания поздней древесины

Определение	№ образцов		Схема испытаний
	сосна	дуб	
Общая сумма толщин годовых слоёв (l), мм			
Сумма толщин поздней древесины ($a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n$), мм			
Содержание поздней древесины, m , %			
Ориентировочный предел прочности на сжатие, МПа			

Описать разницу в строении и свойствах ранней и поздней древесины

2.1.3. Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон (ГОСТ 16483.1-73)

На сжатие вдоль волокон древесина работает в таких конструкциях, как колонны, стойки и сваи. Предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон колеблется в очень широких пределах в зависимости от породы дерева, его плотности, влажности и наличия пороков (сучков, трещин и пр.). Предел прочности на сжатие вдоль волокон R_w , МПа, образца, имеющего в момент испытания влажность W %, определяют с точностью до 0.1 МПа по формуле:

$$R_w = \frac{P}{ab}, \quad (2.4)$$

где P - разрушающая нагрузка в Н;

a и b - размеры поперечного сечения образца в мм².

Образцы для испытания имеют форму прямоугольной призмы с основанием 20х20 и высотой 30 мм (вдоль волокон). При испытании образец помещают в приспособление испытательной машины и нагружают равномерно со скоростью 250÷50 МПа/мин. Испытание продолжается до разрушения образца. Максимальную нагрузку F считают с погрешностью не более цены деления шкалы силоизмерителя.

Вычисленный по формуле предел прочности древесины пересчитывают на стандартную 12% влажность, если влажность образцов меньше предела гигроскопичности (30%) по формуле:

$$R_{12} = R_w [1 + \alpha(W - 12)], \quad (2.5)$$

где α - поправочный коэффициент, равный 0,04 на 1% влажности;

W - влажность образца в момент испытаний;

R_w - предел прочности образца с влажностью в момент испытаний, %.

Для образцов с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности R_{12} определяют по формуле:

$$R_{12} = \frac{R_w}{K_{12}^{30}}, \quad (2.6)$$

где K_{12}^{30} коэффициент, равный 0,550 — для дуба, липы, ольхи, вяза и др.; 0,450 — для сосны, бука; 0,4 — для берёзы и лиственницы.

Полученные результаты испытаний заносят в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 — Результаты определения прочности на сжатие вдоль волокон

	№ образца					
	сосна			дуб		
	1	2	3	1	2	3
Ширина образца, мм						
Толщина образца, мм						
Площадь сечения, мм ²						
Разрушающая нагрузка, Н						
Предел прочности, МПа						
Среднее значение предела прочности на сжатие вдоль волокон, МПа						
Предел прочности на сжатие вдоль волокон при стандартной влажности, МПа						

2.1.4. Определение предела прочности при сжатии поперёк волокон (ГОСТ 16483.10-72)

На сжатие поперёк волокон древесина работает в железнодорожных шпалах, мауэрлатах, звеньях деревянных срубов. При сжатии древесины поперёк волокон возникает уплотнение (смятие). Сопротивление древесины сжатию поперёк волокон меньше, чем вдоль волокон, что объясняется трубчатым её строением. Испытывают древесину на сжатие поперёк волокон по радиальной или тангенциальной плоскости на отдельных образцах размером 20x20x30 мм. Для испытания используют тот же пресс, что и для определения предела прочности на сжатие вдоль волокон. Образец помещают на нижнюю плиту прессы таким образом, чтобы нагрузка была приложена в тангенциальной плоскости при радиальном сжатии и к радиальной плоскости при тангенциальном сжатии. Нагружают образец равномерно со скоростью 1000 ± 200 Н/мин до превышения условного предела прочности, т.е. до явного перехода деформации образца через точку пропорциональности.

Нагрузку P , соответствующую условному пределу прочности, определяют по диаграмме сжатия (рис.2.3) поперёк волокон как ординату точки, в которой отступление от линейной зависимости между нагрузкой и деформацией достигает такого значения, что тангенс угла, образованного осью нагрузок и касательной к графику $P - \Delta l$, увеличивается на 50% своей величины, соответствующей прямолинейному участку графика.

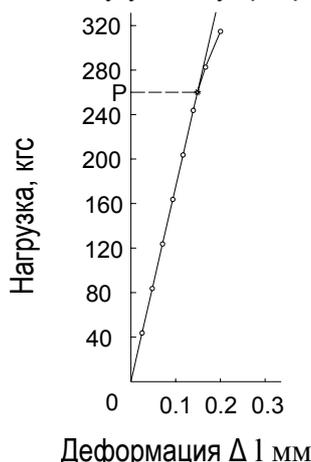


Рисунок 2.3 – Диаграмма сжатия древесины поперёк волокон

Предел прочности образца с влажностью W в момент испытаний вычисляют с точностью до 0,1 МПа по формуле:

$$R_w = P/bl, \quad (2.7)$$

где P – нагрузка, соответствующая условному пределу прочности, Н;

b, l – ширина и длина образца, мм.

Предел прочности R_W образца с влажностью W %. Пересчитывают на влажность 12% с точностью до 0,1 МПа по формуле:

$$R_{12} = R_W [1 + \alpha(W - 12)], \quad (2.8)$$

где α - поправочный коэффициент, равный 0,035 на 1% влажности.

Для образцов с влажностью, большей или равной влажности предела гигроскопичности, предел прочности R_W пересчитывается на 12% влажности до 0,1 МПа по формуле:

$$R_{12} = R_W \cdot K_{12}, \quad (2.9)$$

где K_{12} - коэффициент при $W=30\%$, равный 1,67 для лиственных пород в обоих направлениях сжатия и для хвойных пород при радиальном сжатии; 2,45 – при тангенциальном сжатии для хвойных пород.

Полученные результаты испытания заносят в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 — Результаты определения прочности на сжатие поперек волокон

	№ образца					
	сосна			дуб		
	1	2	3	1	2	3
Ширина образца, мм						
Толщина образца, мм						
Площадь сечения, мм ²						
Разрушающая нагрузка, Н						
Предел прочности, МПа						
Среднее значение предела прочности на сжатие поперек волокон, МПа						
Предел прочности на сжатие поперек волокон при стандартной влажности, МПа						

2.1.5. Определение предела прочности при статическом изгибе (ГОСТ 16483.3-84)

Значение предела прочности древесины при статическом изгибе весьма велико, так как её весьма широко применяют в конструкциях, работающих на изгиб – в балках, настилах, подмостях и др.

Определение предела прочности при статическом изгибе производится на образцах в форме прямоугольного бруска сечением 20х20 мм и длиной вдоль волокон 300 мм. Испытание образцов производят по одной из схем, изображённых на рисунке 2.4.

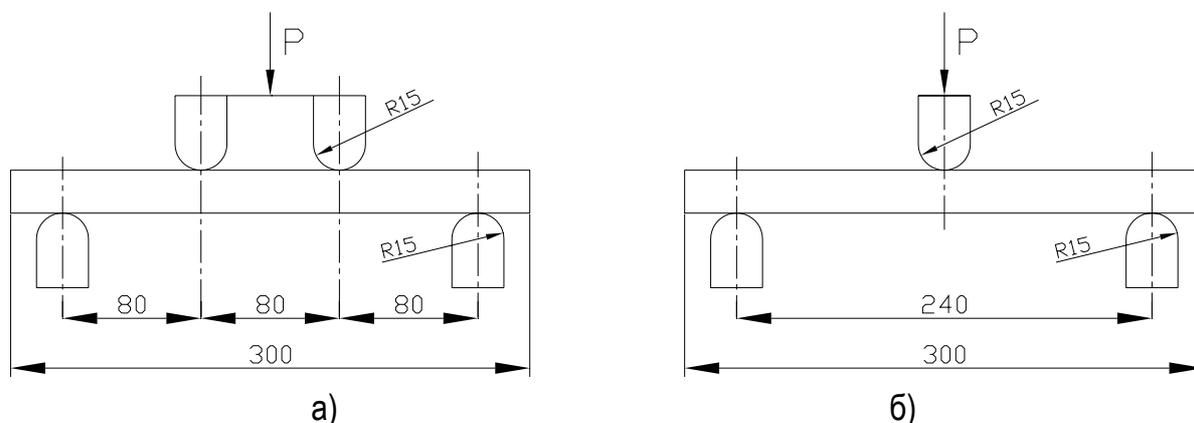


Рисунок 2.4 – Схема приложения сил при испытании древесины на статический изгиб

Изгибающее усилие должно быть направлено по касательной к годовым слоям (изгиб тангенциальный). При испытании древесины мягких пород на опоры и под ножи должны быть помещены прокладки размером 20x20 мм из фанеры другого материала толщиной 5 мм. Образцы нагружают равномерно со скоростью 70±15 Н/мин при испытании по схеме а) и 50±10 Н/мин при испытаниях по схеме б). Испытания продолжают до разрушения образца. Вид излома образца – гладкий или волокнистый указывают в протоколах испытания.

Предел прочности древесины R_{mw} вычисляют по формулам:

$$\text{при нагружении в двух точках - } R_{mw} = P_{\max} \cdot \frac{l}{bh^2}, \quad (2.10)$$

$$\text{при нагружении в одной точке - } R_{mw} = 3P_{\max} \cdot \frac{l}{2bh^2}, \quad (2.11)$$

где P_{\max} — разрушающая нагрузка, Н;

l — расстояние между опорами, мм;

b — ширина образца, мм;

h — высота образца, мм.

Предел прочности R_{mw} пересчитывают на влажность 12% по формулам:

для образцов с влажностью меньше предела гигроскопичности:

$$R_{w12} = R_w [1 + \alpha(W - 12)], \quad (2.12)$$

где α - поправочный коэффициент на влажность, равный 0,04 для всех пород;

W – влажность образца во время испытания;

для образцов с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности:

$$R_{w12} = \frac{R_{mw}}{K_{12}^{30}}, \quad (2.13)$$

где K_{12}^{30} коэффициент пересчёта, равный 0,615 (для дуба, липы, ольхи, ясеня, вяза, акации), 0,580 (для сосны, бука, пихты, тополя, ивы, бука), 0,550 (берёзы, ели, лиственницы, ореха, граба).

Результаты испытания записываются в таблицу 2.4.

Таблица 2.4. — Результаты определения прочности на изгиб

	№ образца					
	сосна			дуб		
	1	2	3	1	2	3
Ширина образца, мм						
Толщина образца, мм						
Расстояние между опорами, мм						
Разрушающая нагрузка, Н						
Предел прочности, МПа						
Среднее значение предела прочности на изгиб, МПа						
Предел прочности на изгиб при стандартной влажности, МПа						

2.1.6. Изучение основных видов пороков древесины

Пороками называются недостатки отдельных участков древесины, снижающие её качество и ограничивающие возможность использования.

1. Сучки и трещины.

- **Сучки** – части ветвей, заключённые в древесине. Сучки разделяют на следующие разновидности: по состоянию древесины (здоровые, загнивающие, гнилые, табачные); по степени срастания (сросшиеся, частично сросшиеся, о взаимному расположению (разбросанные, групповые, разветвлённые); по степени срастания (сросшиеся, частично сросшиеся,

не сросшиеся, выпадающие). Кроме того, сучки классифицируют по положению в сорimente, форме разреза и степени зарастания.

- *Трещины* – разрывы древесины вдоль волокон. Подразделяют по типам на:
 - метиковые (простые, сложные);
 - морозные;
 - отлупные – проходят между годичными слоями;
 - трещины усушки – возникают в срубленном дереве по мере высыхания, направлены по радиусу.

Трещины также подразделяют в зависимости от глубины (неглубокие, глубокие, сквозные); по ширине (сомкнувшиеся, разошедшиеся); по расположению в изделии (боковые, пластовые, кромочные, торцевые).

2. Пороки формы ствола.

- *Сбежистость* – уменьшение диаметра круглых лесоматериалов от толстого к тонкому концу, превышающее нормальный сбеж (1 см на 1 м длины).
- *Закомелистость* – резкое увеличение комлевой (нижней) части ствола дерева (округлая, ребристая).
- *Нарост* – резкое местное утолщение ствола различной формы и размера.
- *Кривизна* – искривление продольной оси брёвен, обусловленное кривизной ствола дерева (простая и сложная).

3. Пороки строения волокон.

- *Наклон волокон* – непараллельность волокон продольной оси изделий.
- *Крень* – ненормальное утолщение поздней древесины в годовых кольцах.
- *Свилеватость* – волнистое или беспорядочное расположение волокон.
- *Завиток* – местное резкое искривление годовых слоёв под влиянием сучков и проростей.
- *Сердцевина* – узкая центральная часть ствола, состоящая из рыхлой древесной ткани (разновидность порока - *двойная сердцевина*).
- *Пасынок* – отмершая вторая вершина или толстый сук, пронизывающий ствол под острым углом к его продольной оси.
- *Водослой* – участки ядра или заболони с ненормальной тёмной окраской, возникающие в растущем дереве, вследствие повышенной влажности этих участков.
- *Прорость* – обросший древесиной участок поверхности ствола с омертвевшими тканями и отходящая от него радиальная трещина, возникающая при зарастании повреждений.
- *Засмолок* – участок древесины, обильно пропитанный смолой.

4. Химические окраски и грибные поражения.

- *Грибы* – простейшие растительные организмы, относятся к группе споровых растений. Грибы состоят из тонких нитей-гифов – вырабатывающих ферменты, которые растворяют древесину, превращая её в пищу для грибов. Наиболее благоприятные условия для грибов $t=15-30^{\circ}\text{C}$, $W=30-60\%$. Древесина, поражённая грибами, характеризуется матовостью, затхлостью, тупым (без зацепов) изломом, уменьшением веса.

Гниль – грибы, поражающие живую древесину. Древесина в изделиях поражается домовым грибом (белый гриб, плёнчатый, шахтный).

- *Плесень* – поверхностное окрашивание древесины (не влияет на механические свойства).

2.2. ИСПЫТАНИЕ НЕФТЯНОГО БИТУМА

Битумы — это сложные смеси высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных (т.е. соединение углерода с серой, кислородом, азотом). Свойства битумов, как органических вяжущих: пластичность при нагревании и быстро увеличивающаяся вязкость при охлаждении; гидрофобность; водонепроницаемость; стойкость к действию кислот, щелочей, агрессивных жидкостей и газов; способность прочно сцепляться с металлом, с деревом,

каменными материалами. Применяются битумы для изготовления кровельных, гидро- и пароизоляционных изделий, асфальтовых бетонов, мастик, эмульсий и паст, антикоррозионных материалов и др.

Природный битум – это вещество черного или темно-коричневого цвета, в природе встречается редко (в виде линз и озер). Образуется в результате естественной полимеризации нефти, отличается повышенной погодоустойчивостью и адгезией к каменным материалам.

Нефтяные (искусственные) битумы являются продуктами переработки нефти и ее смоляных осадков. В зависимости от способа переработки они подразделяются на остаточные, окисленные, крекинговые, экстрактные.

Элементарный состав битума колеблется в пределах: углерод – 70-80 %; водород – 10-15 %; сера – 2-9 %; кислород – 0 – 5 %; азот – 0 – 2 %.

Для битумов принято определять групповой состав:

- *твердая часть (асфальтены, 15-25%)* – твердые вещества темно-коричневого или черного цвета с молекулярной массой от 1000 до 5000, плотность немного больше, чем 1000 кг/м³; придают битуму твердость, теплостойкость; в твердую часть входят *карбены* и *карбиды* (отличаются по растворимости в бензоле); *парафины* (повышают хрупкость при отрицательных температурах, поэтому их содержание нужно ограничить);
- *смолы* (аморфные вещества темно-коричневого, почти черного цвета) молекулярная масса от 500 до 1000, плотность около 1000 кг/м³; придают битуму вязкость и эластичность;
- *масла* – вещества светло-коричневого цвета, при обычной температуре находятся в жидком состоянии, молекулярная масса от 100 до 500; придают битуму подвижность и текучесть.

Свойства битумов, как дисперсной системы, определяются соотношением входящих в него составных частей: асфальтенов, смол, масел. Марка битума устанавливается по следующим свойствам: вязкость, температура размягчения, растяжимость.

2.2.1. Определение вязкости (глубины проникания иглы)

Характеристикой структурно-механических свойств битумов является вязкость. С увеличением температуры вязкость уменьшается, с понижением — увеличивается. При низких температурах битум приобретает свойства твердого тела, при повышенных температурах — жидких. Для твердых и вязких битумов вязкость определяют по условному показателю — глубине проникания иглы в битум при определенной нагрузке, температуре и времени погружения на приборе пенетрометре по ГОСТ 11501-78 «Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы».

Материалы и оборудование: проба битума; шкаф сушильный или баня песчаная; баня водяная; сито с отверстиями 0,6...0,8 мм; чашка металлическая или фарфоровая; пенетрометр; термометр; секундомер; бензол, бензин или скипидар; вода.

Выполнение работы. При необходимости битум обезвоживают. Его нагревают в сушильном шкафу или песчаной бане до подвижного состояния при температуре выше на 90°С температуры размягчения, но не выше 180°С (для дорожных не выше 160°С) не более 30 мин. Затем процеживают, перемешивают до удаления пузырьков воздуха, наливают в металлическую цилиндрическую чашку с внутренним диаметром (55±1) мм на 5 мм ниже верха. Для битумов с глубиной проникания иглы до 250х0,1 мм используют чашку высотой (35±5) мм и для битумов с глубиной проникания иглы более 250х0,1 мм — (60±1) мм. Потом его перемешивают до полного удаления воздуха и охлаждают при 18...30°С. Битум с глубиной проникания иглы до 250х0,1 мм охлаждают 60...90 мин и с глубиной проникания иглы более 250х0,1 мм — 90...120 мин.

Далее чашки с битумом выдерживают в водяной бане до заданной температуры испытания. Чашки высотой 35 мм — 60-90 мин, высотой 60 мм — 90-120 мин. Затем их вынимают из бани и помещают в сосуд с водой вместимостью не менее 0,5 дм³, чтобы уровень воды покрывал битум не менее чем на 10 мм. Температура воды должна быть равной температуре испытания, после чего испытывают на пенетрометре.

Пенетрометр (рис. 2.5) состоит из металлического штатива, столика; циферблата и падающего стержня с иглой и дополнительным грузом, закрепленных на кронштейнах. Общая масса груза при температуре испытания $(0,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ должна быть $(200,0 \pm 0,2)$ г, при температуре $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ — $(100,0 \pm 0,15)$ г.

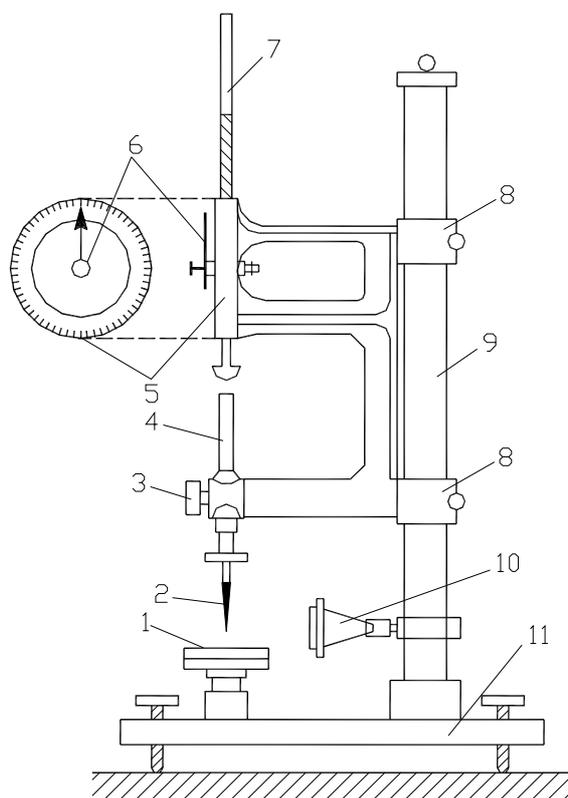


Рис. 2.5. Пенетрометр

1-столик, 2-игла, 3-зажимное устройство, 4- иглодержатель, 5-циферблат, 6-стрелка, 7-штанга, 8-кронштейн, 9-штатив, 10-зеркало, 11-подставка.

Чашку устанавливают на столике пенетрометра. Подводят острие иглы к поверхности битума, а кремальеру — до прикосновения с верхней частью стержня с иглой. Отмечают положение стрелки на шкале циферблата. Затем погружают иглу в битум, для чего нажимают стопорную кнопку и одновременно включают секундомер. Время опускания иглы при температуре испытания битума 0°C должно быть 60 с, а при температуре испытания 25°C — 5 с. Затем кнопку отпускают. После этого доводят кремальеру до верхнего конца стержня и отмечают второе положение стрелки на шкале циферблата.

Разность показаний стрелки первого и второго отсчетов указывает глубину проникания иглы (в 0,1 мм). Если в ТНПА не предусмотрены условия испытания, тогда глубину погружения битума определяют при температуре 25°C , нагрузке 100 г в течение 5 с.

Испытания повторяют не менее трех раз в разных точках на поверхности образца, отстоящих от краев чашки и друг от друга не менее чем на 10 мм. После каждого погружения иглу отмывают от приставшего битума толуолом, бензином или другим растворителем и вытирают насухо.

При глубине погружения иглы более 200х0,1 мм применяют не менее трех игл, оставляя их в битуме до завершения испытания.

Расхождение между наибольшим и наименьшим определением при 25°С в 0,1 мм округленное до целого числа не должно превышать ниже приведенных значений:

- при глубине проникания иглы до 50х0,1 мм — 2х0,1 мм,
- при глубине проникания иглы свыше 50 до 150х0,1 мм — 4х0,1 мм,
- при глубине проникания иглы свыше 150 до 250х0,1 мм — 6х0,1 мм,
- при глубине проникания иглы свыше 250х0,1 мм — 3 % от среднего арифметического значения.

При больших расхождениях испытания следует повторить. Полученные результаты записывают в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты вязкости битума по глубине проникания иглы

Показатель	№ испытания			Среднее значение
	1	2	3	
Глубина проникания иглы, 0,1 мм				

2.2.2 Определение температуры размягчения

Температура размягчения битума — условная характеристика перехода битума из упруго-пластичного состояния в жидкое при определенной температуре. Зависит от группового состава битума и является одним из свойств битума, по которому устанавливают его марку. Температуру размягчения определяют по ГОСТ 11506-73 «Битумы нефтяные. Метод определения размягчения по кольцу и шару на приборе «Кольцо и шар» (рис. 2.6).

Материалы и оборудование: проба битума 50 г, стакан фарфоровый или металлический для расплавления битума; сито с отверстиями 0,7 мм; термометр; палочка стеклянная или металлическая; пластинка стеклянная; тальк или декстрин; нож; прибор «Кольцо и шар»; вода дистиллированная или свежеекипяченая; глицерин; горелка газовая или электроплитка; пинцет; часы.

Выполнение работы. При наличии в битуме влаги его обезвоживают. Для этого пробу массой 50 г нагревают в зависимости от вязкости до температуры на 80...100°С выше ожидаемой температуры размягчения, но не выше 180 и не ниже 120°С. Затем расплавленный битум процеживают через сито с отверстиями 0,7 мм и перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха, после чего применяют для испытания.

Прибор для определения температуры размягчения битума «Кольцо и шар» (рис. 2.6) состоит из трех скрепленных между собой дисков и стеклянного стакана. Расстояние между нижним и средним дисками 25,0-25,4 мм. В среднем диске имеются отверстия, в которые вставляют два латунных кольца. В центре верхнего диска имеется отверстие для термометра, которым замеряется температура жидкости. Ртутный шарик во время испытания должен упираться в средний диск.

Вначале латунные ступенчатые кольца высотой (6,4±0,2) мм с верхним внутренним диаметром (19,9±0,2) мм и с нижним внутренним диаметром (15,9±0,2) мм заливают битумом.

Кольца нагревают до предполагаемой температуры размягчения битума, укладывают на металлическую или стеклянную пластинку, смазанную смесью декстрина с глицерином или талька с глицерином состава 1:3, и заполняют с некоторым избытком расплавленным битумом.

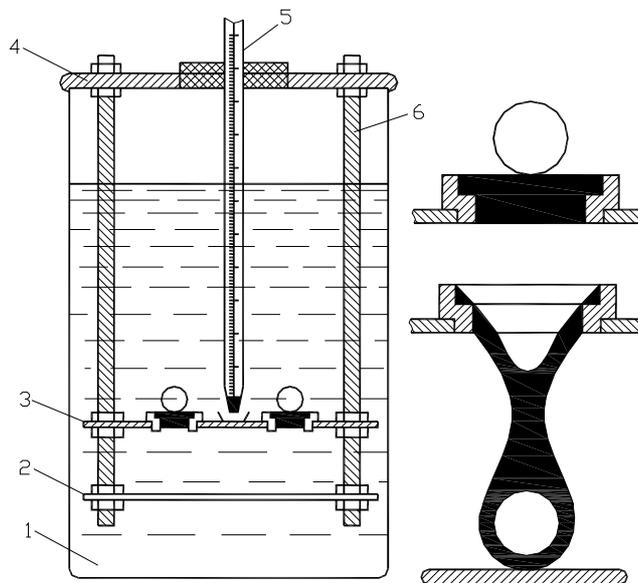


Рисунок 2.6 – Прибор для определения температуры размягчения битума:
1 – стакан; 2...4- диски; 5 - термометр.

При испытании битума с температурой размягчения в интервале $30...110^{\circ}\text{C}$ кольца с битумом охлаждают в течение 30 мин при температуре $(25\pm 10)^{\circ}\text{C}$, а затем срезают ножом избыток. Если битум имеет температуру размягчения более 110°C , то избыток срезают ножом сразу после охлаждения в течение 5 мин, а затем выдерживают еще 15 мин. При температуре размягчения 30°C кольцо с битумом помещают на 30 мин в стакан с водой с температурой на $(8\pm 1)^{\circ}\text{C}$ ниже предполагаемой температуры размягчения, а затем срезают вровень с краями. Кольцо с битумом устанавливают в отверстие среднего диска подвески, которую опускают в стакан из термостойкого стекла диаметром не менее 85 мм и высотой не менее 120 мм, заполненный жидкостью. Уровень жидкости в стакане должен быть выше колец не менее чем на 5 см.

Если температура размягчения битума ниже 80°C , стакан заполняют дистиллированной или свежеекипяченной водой с температурой $(5\pm 1)^{\circ}\text{C}$. Для битумов с температурой размягчения свыше 80 до 110°C стакан заполняют смесью воды и глицерина в соотношении 1:2, и для битумов с температурой размягчения свыше 110°C — глицерином с температурой $(34\pm 1)^{\circ}\text{C}$.

Кольца с битумом выдерживают в жидкостях в течение 15 мин, затем вынимают вместе с подвеской, и на каждое кольцо укладывают пинцетом стальной шарик диаметром 9,525 мм и массой $(3,50\pm 0,05)$ г. Шарик предварительно выдерживают в стакане с жидкостями, где он охлаждается до $(5,0\pm 0,5)^{\circ}\text{C}$ или нагревается до $(34\pm 1)^{\circ}\text{C}$.

Затем прибор снова помещают в стакан, ставя на асбестовую сетку, и нагревают со скоростью $5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Битум размягчается, и стальной шарик его продавливают.

За температуру размягчения битума принимают температуру, при которой выдавливаемый шариком битум коснется нижнего диска подвески. За расчетную температуру размягчения принимают среднее арифметическое значение из двух определений, округленное до целого числа, расхождение между которыми не должно превышать 1°C при температуре размягчения до 80°C , и 2°C — свыше 80°C . Результаты испытания записывают в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Результаты определения температуры размягчения битума

Показатель	№ кольца		Среднее значение температуры размягчения битума
	1	2	
Температура размягчения, $^{\circ}\text{C}$			

2.2.3 Определение растяжимости битума

Растяжимостью называют свойство битума вытягиваться в тонкие нити под действием растягивающего усилия без разрыва (без нарушения сплошности). Растяжимость зависит от группового состава битума. С понижением температуры растяжимость уменьшается. Чем больше растяжимость битума, тем выше трещиностойкость асфальтобетона и др. материалов. Растяжимость определяют по ГОСТ 11505-75 «Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости».

Материалы и оборудование: проба битума; дуктилометр; латунные формы (восьмерки); тальк или декстрин, глицерин; нож, стеклянная или металлическая пластинка; вода; термометр; часы; поваренная соль или спирт этиловый; бумага папиросная.

Выполнение работы. Растяжимость определяют в дуктилометре (рисунок 2.6), который представляет собой металлический ящик, по длине которого движется червячный винт с салазками. Имеется линейка со шкалой, по которой можно определить длину нитей.

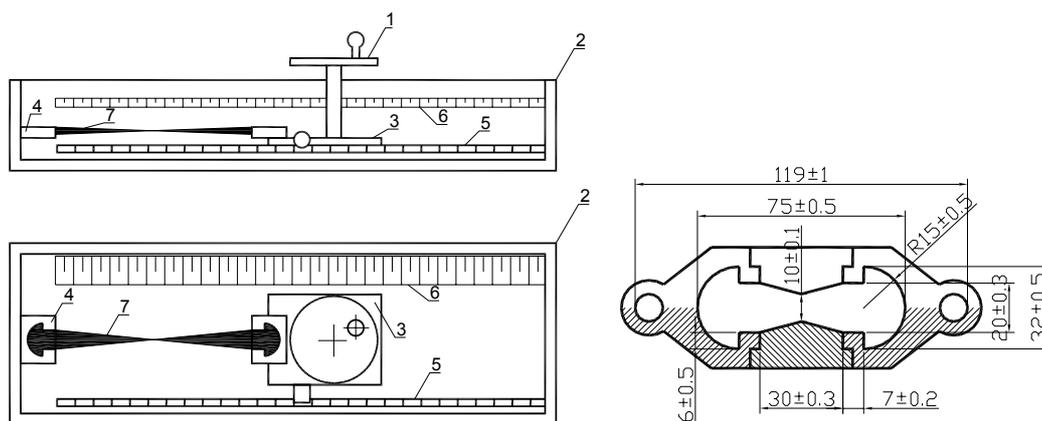


Рисунок – 2.7 Дуктилометр

1 - маховик; 2 - ящик; 3 – подвижные салазки; 4 – неподвижные салазки;
5 – червячный винт; 6 – шкала; 7 – испытываемый образец.

Сначала битум обезвоживают, как указано выше. Затем изготавливают образцы-восьмерки. Для этого формы образцов с внутренней стороны смазывают смесью талька с глицерином состава 1:3 или декстрина с глицерином состава 1:2 и устанавливают на стеклянную, или металлическую пластинку, смазанную также вышеупомянутым составом. Расплавленный битум наливают в форму. После заливки формы с битумом охлаждают на воздухе при температуре не ниже 18°C в течение 30-40 мин, а затем горячим ножом в два приема от середины формы к краям срезают избыток битума. Три образца с формой и пластинкой помещают на один час в воду с температурой (25±0,5)°C, еще три образца — в ванну с температурой (0±0,5)°C. Слой воды над образцом должен быть не менее 25 мм. Температуру воды поддерживают доливанием горячей или холодной воды (можно добавлять лед). Затем образцы, снятые с пластинок, закрепляют на штифтах салазок дуктилометра, удаляют боковые части форм. После того, как температура воды в дуктилометре установится (25±0,5)°C или (0±0,5)°C, включают электродвигатель, растягивая образцы со скоростью 5 см/мин. Слой воды над образцом не менее 25 мм. Длину нити в сантиметрах в момент ее разрыва, отмеченную на линейке указателем, принимают за показатель растяжимости. Для каждого образца делают три измерения. За окончательный результат принимают среднее арифметическое трех испытаний. При растяжимости до 10,0 см результат округляют до 0,1 см, при большем значении результат округляют до целого числа.

Если битум имеет среднюю плотность, отличную от плотности воды, то плотность воды измеряют и доводят до средней плотности битума добавлением раствора поваренной соли или глицерина, или этилового спирта.

2.3. ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ И КРОВЕЛЬНЫЕ РУЛОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ БИТУМОВ, ДЕГТЕЙ, С МОДИФИКАЦИЕЙ ПОЛИМЕРАМИ

Гидроизоляционные и кровельные материалы служат для защиты зданий, сооружений и отдельных конструктивных элементов от действия влаги, воды и атмосферных факторов. Поэтому к этим материалам предъявляются требования по водостойкости, водонепроницаемости, прочности, теплостойкости и атмосферостойкости. Технической предпосылкой всё возрастающего распространения плоских и эксплуатируемых кровель, использования подземных сооружений в самых разнообразных целях, а также возникновения интереса к озеленению кровель стало ничто иное, как распространение битумно-полимерных рулонных материалов для кровли и гидроизоляции.

Рулонные кровельные материалы классифицируют по следующим основным признакам (ГОСТ 30547-97):

- По структуре полотна: основные (одно- и многоосновные) и безосновные.
- По виду основы: на картонной основе; на асбестовой основе; на стекловолокнутой основе; на основе из полимерных волокон; на комбинированной основе (рис.2.8).
- По виду основного компонента покровного состава, вяжущего или материала: битумные (наплавляемые, ненаплавляемые); битумно-полимерные (наплавляемые, ненаплавляемые); полимерные (эластомерные вулканизированные и невулканизированные, термопластичные).
- По виду защитного слоя: материалы с посыпкой (крупнозернистой, чешуйчатой, мелкозернистой, пылевидной); материалы с фольгой; материалы с пленкой.
- По назначению: кровельные, гидроизоляционные и пароизоляционные.

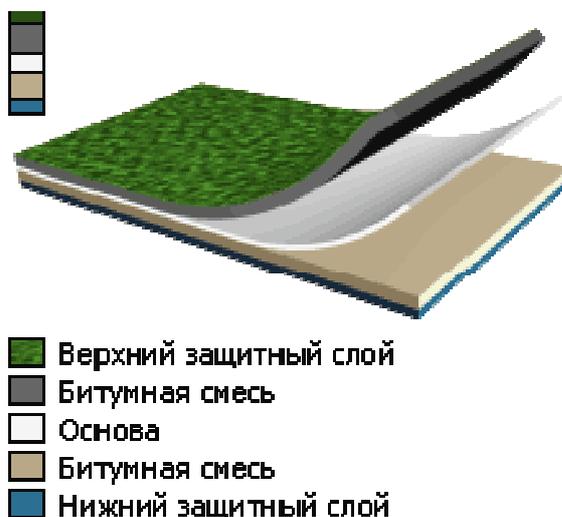


Рисунок 2.8 – Структура кровельного рулонного материала

В настоящее время на рынке присутствуют рулонные материалы нескольких поколений, для производства которых применяются различные компоненты, как для основы, так и для покровных слоев.

К первому поколению рулонных материалов относятся битумные на картонной основе (рубероид, толь и т.п.). Они по-прежнему широко применяются, хотя уже и не отвечают современным требованиям. Основные их недостатки: низкая морозостойкость, малая деформативность, ускоренное старение, недостаточная теплостойкость, подверженность гниению, необходимость укладки большого количества слоев (до 5), невозможность работы с ними при отрицательных температурах и т.д. Существенное, но относительное достоинство этих материалов — их дешевизна.

Важным шагом в развитии рулонных материалов стала замена биологически недолговечной картонной основы негниющими материалами: стеклохолстами, стеклотканями и т.п. При этом, кроме биологической долговечности материала, увеличилась и его прочность, в то время как остальные минусы, присущие битумным материалам, остались. В первую очередь проблемы, связанные со "старением" битума. На сегодняшний день, в качестве основных компонентов для изготовления мягких кровель применяются битумы — окисленный и модифицированный, а также полимеры. До сих пор наиболее распространенными в СНГ, в силу низкой стоимости и простоты производства, являются материалы на окисленном битуме. На мировом же рынке большая часть кровельных и гидроизоляционных битумосодержащих материалов уже изготавливается из битума, модифицированного АПП или СБС. Сырьевой битум имеет низкую теплостойкость (ниже $+50^{\circ}\text{C}$), поэтому для производства традиционных битумных материалов применяют окисленный битум. Процесс окисления поднимает теплостойкость битума до приемлемого уровня. Однако процесс окисления на этом не заканчивается, он продолжается, но уже на кровле. С течением времени под воздействием солнечного света и кислорода воздуха состав и свойства битумов изменяются. В них увеличивается относительное содержание твердых и хрупких составляющих и соответственно уменьшается количество маслянистых и смолистых фракций. Битум становится более жестким и растрескивается даже при незначительных деформациях, после чего теряет свои водозащитные функции. Модификация битумов - это направленное улучшение их свойств путем совмещения битумов с полимерными добавками. При этом битум не только остается в стабильном природном состоянии, но и приобретает свойства, схожие со свойствами полимера-модификатора. Введение подходящего модификатора придает вяжущему и всему кровельному материалу большую теплостойкость и морозостойчивость, эластичность, повышенную сопротивляемость усталостным нагрузкам, и тем самым повышает долговечность. В качестве полимерных модификаторов битума в производстве кровельных материалов промышленно используются следующие добавки: пластик АПП (атактический полипропилен) иногда в смеси с ИПП (изотактическим полипропиленом) или искусственный каучук СБС (стирол-бутадиен-стирол). Материалы из модифицированных битумов называют полимерно-битумными. АПП-материалы обладают высокой стойкостью к УФ-излучению и химической стойкостью к кислотам и щелочам, более высокой теплостойкостью (могут иметь температуру размягчения до $+155^{\circ}\text{C}$), более жесткие, чем СБС-материалы. У них хорошая адгезия к металлам и стеклу. СБС-материалы являются более эластичными, морозостойкими (могут иметь температуру хрупкости до -40°C). Они легко повторяют форму той поверхности, на которую укладываются. Вследствие более низкой теплостойкости СБС-материалов, укладку их способом наплавления необходимо проводить особенно тщательно.

Применение полимеров не только для модификации битума, но и как основы, означало качественно новый уровень в развитии промышленности рулонных стройматериалов. Материалы, армированные стеклохолстом, дешевле, но обладают меньшей прочностью и коэффициентом растяжения на разрыв. Синтетические материалы дороже, однако они значительно превосходят первые по прочности, а главное — по коэффициенту растяжения, что обеспечивает сохранение целостности гидроизоляционного покрытия при сезонных движениях кровли и других нагрузках на нее (при нагрузке основа растягивается одновременно с битумным слоем, не нарушая при этом целостность гидроизоляционного покрытия). Современные типы основы: Э — нетканое полиэфирное полотно (полиэстер), Т — каркасная стеклоткань, Х — стеклохолст. Материалы с комбинированным армированием из стеклохолста и полиэстера, благодаря сочетанию двух различных материалов, обеспечивают высокую стабильность размеров, высокую механическую прочность материала и, что очень важно, устойчивость к возгоранию.

Что касается красивой цветной посыпки красного, серебристо-серого, зеленого, золотистого цветов на лицевой стороне материалов, то служит она не только эстетической привлекательности, но и придает материалам дополнительную защиту от ультрафиолетового излучения, механического воздействия.

2.3.1. Изучение основных видов кровельных и гидроизоляционных материалов

Рубероид (ГОСТ 10923-93) — рулонный кровельный и гидроизоляционный материал, получаемый пропиткой кровельного картона мягким нефтяным битумом с последующим нанесением покровных слоев из тугоплавкого битума с наполнителем и посыпки. В зависимости от назначения рубероид подразделяется на кровельный (для верхних слоев кровельного ковра) и подкладочный (для устройства нижних слоев кровли и гидроизоляции строительных конструкций). Рубероид должен быть теплостойким (при испытании при температуре $80\pm 2^\circ\text{C}$ в течение не менее 2 ч на поверхности образца не должно быть вздутий и следов перемещения покровного слоя) и водонепроницаемым (при испытании под давлением не менее 0,001 МПа в течение 72 ч у рубероида не должно появиться признаков протекания воды). Гибкость рубероида определяемая при изгибании на бруске с закруглением радиусом $(25\pm 0,2)$ мм при температуре не более $(+5\pm 1)^\circ\text{C}$ (РПЭ-300 при $-(2\pm 1)^\circ\text{C}$), должна обеспечивать отсутствие трещин и отслаивания посыпки на лицевой поверхности образца. Полотно рубероида не должно иметь трещин, дыр, разрывов, складок. В разрезе рубероид должен иметь черно-коричневый цвет без светлых прослоек непропитанного картона. В зависимости от назначения марки картона и вида посыпки рубероид подразделяют на марки: РКК-400, РКК-350, РКЦ-400, РКП-350, РПП-300, РПЭ-300. Применение рубероида и аналогичных ему кровельных материалов — это временные постройки и постройки хозяйственного назначения в сельской местности, различные навесы и т.п., на которых нет необходимости применять долговечные материалы с улучшенными техническими показателями. Часто, чтобы улучшить гидроизоляцию скатной кровли и сделать ее более теплой, предварительно выстилают ковер из рубероида.

Фольгоизол (ГОСТ 20429-84) — рулонный двухслойный материал из тонкой рифленой фольги, покрытой с одной стороны защитным слоем из битумно-резинового или битумно-полимерного вяжущего с минеральным наполнителем и антисептиком. Фольгоизол долговечен, водонепроницаем, имеет высокую прочность на разрыв, марки ФК и ФГ. Фольгоизол должен быть гибким. При изгибании образца материала на бруске с закруглением радиусом $(20,0\pm 0,2)$ мм при температуре не выше -12°C на слое вяжущего не должно быть трещин и отслоения вяжущего от фольги. Теплостойкость должна обеспечивать при испытании образца материала при температурах $(100\pm 1)^\circ\text{C}$ (ФК) и $(110\pm 1)^\circ\text{C}$ (ФГ) в течение не менее 2 ч отсутствие вздутий и следов перемещения вяжущего.

Пергамин кровельный (СТБ 1093-97) — беспокровный рулонный материал, получаемой пропиткой кровельного картона нефтяными битумами. Пергамин делится на марки П-400 и П-500 в зависимости от массы 1 м^2 основы. Он служит подкладочным материалом для нижних слоев кровли и для устройства пароизоляции. Выпускается в рулонах площадью $(20\pm 0,5)$ или $(40\pm 0,5)$ м^2 . Пергамин должен быть гибким (при изгибании полосы пергамина на бруске с радиусом $10\pm 0,2$ мм при $+18\pm 2^\circ\text{C}$ на слое вяжущего не должны появляться трещины). Полотно пергамина не должно иметь трещин, дыр, разрывов, складок. В разрезе пергамин имеет черный или черно-коричневый оттенок без светлых прослоек непропитанного картона.

Гидроизол (ГОСТ 7415-86) — беспокровный биостойкий гидроизоляционный рулонный материал, получаемый пропиткой асбестовой бумаги нефтяными битумами. В зависимости от качественных показателей и области применения гидроизол делится на 2 марки: ГИ-Г — для гидроизоляции подземных сооружений (кроме теплопроводов); ГИ-К — для изоляции плоских кровель. Гидроизол выпускают в рулонах с шириной полотна (950 ± 5) мм, толщиной $(0,7\pm 0,07)$ мм, площадью $(20\pm 0,5)$ м^2 . Гидроизол должен быть гибким, полосы (50×100) мм должны выдерживать количество двойных перегибов на 180° не менее 30 — для марки ГИ-Г и не менее 20 — для ГИ-К. Гидроизол, имея асбестовую основу, не гниёт, его долговечность выше, чем рубероида.

Безосновные материалы — получают прокаткой на коландрах смесей органических вяжущих с наполнителями и добавками. Наибольшее применение получили материалы – изол и бризол.

Изол (ГОСТ 10296-79) – рулонный материал, получаемый прокатом на коландрах смесей из битумно-резинового вяжущего, асбеста, пластификатора и антисептика. Применяется при производстве гидроизоляционных (фундаменты, подвалы, бассейны, резервуары, трубопроводы) и кровельных (пологие и плоские кровли) работ. Изол гибок и теплостоек (при испытании образца $(150\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение не менее 2 ч не должно быть увеличения длины и появления вздутий), его выпускают двух марок И-БД (без полимерных добавок) и И-ПД (с полимерными добавками). При изгибании полосы изола на брусе радиусом (5.0 ± 0.2) мм марки И-БД при температуре не более -15°C , а марки И-ПД при -20°C на ней не должно появляться трещин. Изол выпускают в рулонах длиной не менее 3 м и шириной 800, 1000 и 1100 ± 5 мм, толщиной $(2\pm 0,2)$ мм (по согласованию с потребителем могут быть другие размеры). Внутренняя поверхность полотна изола должна быть покрыта слоем пылевидной посыпки для предотвращения слипания. Полотно не должно иметь дыр, разрывов, складок, включений непереработанных частиц резины.

Рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы и изделия последнего поколения имеют значительно более высокие технические характеристики. Они вытесняют традиционные рубероид, пергамин, толь. Современные материалы имеют большую массу, чем традиционные ($3-6$ кг/м² вместо $1-2$ кг/м²), большую гибкость, теплостойкость, водонепроницаемость, стойкость к ультрафиолетовому излучению, химическую стойкость, долговечность. Стоимость материалов, изготовленных с использованием высококачественных компонентов, увеличивается. Однако сокращаются трудозатраты (вместо нескольких слоев традиционных материалов укладывают один или максимум два слоя) и растет срок службы кровли (20...30 и более лет без ремонта).

Среди белорусских производителей битумосодержащих рулонных материалов для кровли и гидроизоляции наиболее соответствующей современным требованиям является продукция совместного белорусско-британского предприятия ОАО "Кровля" (г. Осиповичи).

КРОВЛЯЭЛАСТ (СТБ 1107-98) - это рулонный кровельный и гидроизоляционный материал, получаемый путем нанесения битумно-полимерного вяжущего (СБС) на стекло- или полиэфирную основы. "КРОВЛЯЭЛАСТ" предназначен для устройства верхних и нижних слоев кровельного ковра зданий и сооружений различного назначения, гидроизоляции подземных и наземных сооружений, в транспортном, дорожном, мостовом и гидротехническом строительстве. "КРОВЛЯЭЛАСТ", предназначенный для нижних слоев кровельного ковра и гидроизоляции, имеет покрытие с мелкозернистой посыпкой или полиэтиленовой пленкой. "КРОВЛЯЭЛАСТ", используемый для верхних слоев кровли, имеет крупнозернистую посыпку с лицевой стороны и полиэтиленовую пленку или мелкозернистую посыпку с другой стороны. (Аналоги материала: *рубитекс, техноэласт*).

БИПОЛИКРИН (СТБ 1107-98) - это рулонный кровельный и гидроизоляционный материал, получаемый путем нанесения битумно-полимерного вяжущего (СБС) на стекло- или полиэфирную основы. "БИПОЛИКРИН", предназначенный для нижних слоев кровельного ковра и гидроизоляции, имеет покрытие с мелкозернистой посыпкой или полиэтиленовой пленкой. "БИПОЛИКРИН", используемый для верхних слоев кровли, имеет крупнозернистую посыпку с лицевой стороны и полиэтиленовую пленку или мелкозернистую посыпку с другой стороны. "БИПОЛИКРИН" может применяться во всех климатических районах при устройстве: кровель различных конфигураций; фундаментов; подземных структур (гаражи, туннели, галереи); бассейнов и каналов и т.д.

Оба материала либо укладываются на мастики (при массе покровного слоя до 3 кг/м²), либо (при массе покровного слоя свыше 3 кг/м²) соединяются путем подплавления нижнего слоя газовой горелкой, что гарантирует прочность соединений и высокую производительность работ. Для удобства и качества выполнения работ материалы с крупнозернистой посыпкой имеют с лицевой стороны вдоль всего полотна кромку шириной 70-100 мм, свободную от посыпки. (Аналоги материала: *унифлекс, стеклоэласт, бипол*).

Материалы выпускают в рулонах шириной полотна (1000, 1050, 1100±10) мм. Водонепроницаемость, теплостойкость и гибкость рулонных гидроизоляционных материалов устанавливают в зависимости от области применения и указывают в нормативном документе на конкретный вид материала. В обозначении марки указывают: назначение (кровельный *К*, гидроизоляционный *Г*, в т.ч. для гидроизоляции мостового полотна *Гм*), вид вяжущего (битумные *Б*, битумно-эластомерные *БЭ*, битумно-пластомерные *БП*); вид основы (стеклохолст *СХ*, стеклоткань *СТ*, полиэфирный холст *ПХ*, полиэфирная ткань *ПТ*), вид защитного слоя (крупнозернистая (цветная) посыпка *К(Ц)*; мелкозернистая посыпка *М*; пылевидная посыпка *П*; металлическая фольга *МФ*, полимерная пленка *ПП*); указывают массу 1 м² материала; обозначения стандарта. Пример условного обозначения: *Материал К-СТ-Б-К/ПП-3,0 СТВ 1107-98*.

С 2004 года предприятие приступило к выпуску новых видов кровельных и гидроизоляционных материалов: **Бипласт** - для гидроизоляции мостового полотна; **Кровляпласт-Д** и **Кровляэласт-Д** - для гидроизоляции однослойных и двухслойных кровель при уклонах от 1 до 85%, а также гидроизоляции подземных и надземных сооружений **Кровлятэкс-Э** и **Кровлятэкс-П** - используется как многофункциональная звукопоглощающая, тепло- и гидроизолирующая прокладка в строительных конструкциях междуэтажных перекрытий жилых домов, общественных и промышленных зданий и сооружений, устройства гидрозвукоизолирующих покрытий эстакадных линий метрополитена. Проведенные испытания в испытательном центре строительных материалов БНТУ подтвердили долговечность материалов в климатических условиях не менее 30 лет.

Пользуются популярностью и аналогичные материалы, выпускаемые другими производителями. Это мягкие битумные самонаклеивающиеся плиты ("Rocky", "Katopal"), кровельные плитки ("Plano Natur", "Plano Nova"), кровельные листы ("Onduline"). Изделия "мягкой кровли" типа изопласт, филизол, рубемаст на основе стеклоткани, полиэстера, с использованием модифицированных битумов и различных полимерных композиций.

Bardoline (производится **Onduline Int**) — листовой кровельный материал. Изготавливается с применением целлюлозных волокон или стекловолокна, минерального наполнителя, битума и минеральных пигментов путем горячего формования смеси. Материал стоек к атмосферным воздействиям, ультрафиолетовому облучению, химически стоек. Применяется не только для устройства новой кровли и ремонта старой, но и как недорогое и практичное покрытие по старой кровле, когда удаление элементов старого покрытия неэкономично или невозможно в связи с возможным разрушением.

Плиточные кровельные покрытия (**битумная черепица**, «Шинглз») — кровельные материалы, предназначенные для покрытия скатных крыш. Изготавливается из оксидированного битума, армированного стеклохолстом. Наружная сторона плиток покрыта зернистой посыпкой; с внутренней стороны липкий слой защищен силиконовой пленкой, которая перед креплением удаляется. Укладываются плитки на мастиках или крепятся кровельными оцинкованными гвоздями (2.5-3.5 см). Плитки выпускаются большой цветовой гаммы, различной формы (трапециевидной, прямоугольной и др.), имеются коньковые, карнизные плитки и ендовы.

Армобитэп — кровельный и гидроизоляционный материал на стекловолокнистой основе (стеклоткань, стеклохолст, стеклосетка). Получается двусторонним нанесением на основу вяжущего, содержащего битум и каучук, индустриальное масло, наполнитель, антисептик. Вид посыпки зависит от назначения (АБСК — для верхних слоев кровли, АБСМ — для нижних слоев кровельного ковра и гидроизоляции).

Стеклоизол — кровельный и подкладочный материал, состоит из слоя стеклоткани, покрытой с обеих сторон слоем битумного вяжущего (для подкладочного стеклоизола используют вяжущее повышенной пластичности). Кровельный стеклоизол применяют для устройства плоских кровель общественных и промышленных зданий. Гидростеклоизол (одно- или двухслойно армированный) используют в качестве гидроизоляционного слоя железобетонных обделок тоннелей метрополитена, пролетных строений мостов, путепроводов, а также как нижний слой при устройстве плоских кровель. Марки ХКП-3.5, ХКП-4, СКП-4, ТКП-4.5, ТКП-5, ХПП-3, ХПП-4, СПП-4 и др.

Эластобит — кровельный и гидроизоляционный материал из битумно-полимерного вяжущего с повышенным содержанием эластомерных добавок. Отличается повышенной прочностью (прочнее изола в 2 раза), гибкостью, эластичностью, способностью деформироваться без разрыва в большом интервале температур (температуроустойчивость 150°С, температура хрупкости вяжущего -40°С).

Изопласт, изоэласт — кровельные и гидроизоляционные битумно-полимерные материалы. Основа — стекловолокно, стеклохолст или полиэстер; тип защитного покрытия — фольга, гранулят, песок, пленка, вермикулит. Изопласт выпускают марок: ТФМ-4, ЭКМ-5, ЭКП-4.5, ДХП-1.5, ХПП-2, ХПП-4, ЭМП-5.5 и др.; изоэласт — СБС ЭКП-4.5, СБС ЭКП-5, СБС ЭПП-4.

Техноэласт — многофункциональный СБС-модифицированный наплавляемый кровельный и гидроизоляционный материал повышенной надежности. Техноэласт предназначен для устройства кровельного ковра зданий и сооружений, гидроизоляции фундаментов, тоннелей и других строительных конструкций с повышенными требованиями надежности во всех климатических районах. Техноэласт изготавливается путем нанесения на стекловолокнистую или полиэфирную основу битумно-полимерного вяжущего, содержащего битум, термопласт СБС и наполнители. В качестве защитного слоя используется крупнозернистая (К), мелкозернистая посыпка (М) и полимерная пленка (П). Марки: ЭПП, ЭКП, ТКП, ХПП.

Унифлекс предназначен для устройства кровельного ковра зданий и сооружений, гидроизоляции строительных конструкций во всех климатических районах. Унифлекс изготавливается путем нанесения на стекловолокнистую или полиэфирную основу битумно-полимерного вяжущего. Содержащего битум, термопласт СБС и наполнители Марки ЭКП, ЭПП, ТКП, ТПП, ХПП, ХКП.

Техноэласт-мост предназначен для устройства гидроизоляции железобетонной плиты проезжей части (марка «Б»), устройства защитно-сцепляющего слоя на стальной ортотропной плите пролетных строений мостовых сооружений (марка «С»). Техноэласт-мост применяется также для устройства однослойной гидроизоляции зданий и сооружений. В качестве модификатора применяется искусственный каучук — СБС (марка «Б»), изотактический полипропилен и полиолефинов (марка «С»). Техноэласт-мост выпускается с основой из полиэстера и имеет толщину не менее 5 мм (марка «Б»), и 5.5 мм (марка «С»). Нижняя сторона материала покрыта легкоплавляемой полимерной пленкой, а верхняя — мелкозернистым песком для лучшей адгезии к бетону.

Рубитекс — битумно-полимерный (СБС) наплавляемый кровельный и гидроизоляционный материал. Предназначенный для устройства кровельного ковра зданий и сооружений различного назначения, гидроизоляции мостовых конструкций, возводимых в районах строительства с расчетной температурой наиболее холодных суток -40°С (аналоги: *техноэласт*, *кровля-эласт*).

На основании полученных сведений, пользуясь методическими указаниями и коллекцией рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов, требуется составить характеристику основных видов кровельных и гидроизоляционных материалов в виде табл.2.7.

Таблица 2.7 — Сравнительная характеристика основных видов рулонных и кровельных материалов

№ п/п	Название материала	Классификация по признакам: (ГОСТ 30547-97)					Марки материала и его применение
		назначению	структуре (основные и безосновные)	виду основы	виду вяжущего	виду защитного слоя	

2.3.2. Определение основных свойств кровельных и гидроизоляционных материалов

Часто области применения разных материалов пересекаются или они настолько широки, что, не зная преимущества того или иного материала в работе, можно столкнуться с трудностями выбора наиболее эффективного материала для тех или иных условий эксплуатации. Особенно это касается модификаций одного и того же материала, меняющих его свойства. Свойства материалов мягких кровель ("мягкая кровля" — это условное название конструкции водоизоляционного ковра крыш, для устройства которого применяются рулонные материалы, полимерные мембраны, мастичные материалы, а также битумная черепица), в большой степени зависят от композиции их слоев, компонентов, из которых эти слои состоят и от их взаимной сочетаемости. Понимание того, какие технические показатели материалов мягких кровель наиболее важны при определенных условиях, облегчит выбор оптимального материала.

К наиболее важным свойствам кровельных и гидроизоляционных материалов относят:

- водонепроницаемость;
- гибкость на брусе определенного радиуса (°С);
- теплостойкость (°С);
- разрывная сила при растяжении;
- долговечность.

Долговечность материала мягкой кровли – комплексный показатель, характеризующий срок его службы до момента потери им 50% величины показателей основных свойств. При оценке долговечности учитывают такие характеристики, как климатическая, химическая и биологическая стойкость, стойкость к ультрафиолетовому излучению и циклам "замораживание-оттаивание" (для Белоруссии, стран Балтии и регионов средней полосы России последний показатель особенно важен).

Таблица 2.8 – Сравнительная долговечность битумно-полимерных материалов

Наименование показателя	техноэласт	унифлекс	стеклоизол	кровляэласт
Тип полимера-модификатора	СБС	СБС	-	СБС
Гибкость, °С, не выше	-25	-15	0	-25
Теплостойкость 2 часа в вертикальном положении, °С, не ниже	100	90	80	90
Потенциальный срок службы, лет	25-30	15-20	15-25	25-30

2.3.2.1. Проверка внешнего вида и определение полноты пропитки

Перед проверкой внешнего вида, массы и размеров рулона, а также перед изготовлением образцов для испытаний рулоны должны быть предварительно выдержаны не менее 10 ч при температуре (20±5)°С. Проверку внешнего вида рулонов производят визуально. Проверяют правильность упаковки и маркировки рулонов, а также ровность их торцов. Затем рулоны раз-

ворачивают на всю длину и устанавливают количество полотен в рулоне, равномерность распределения посыпки, наличие или отсутствие слипаемости, проколов, дыр, трещин, разрывов, складок. Определяют линейные размеры, площадь и полноту пропитки, наличие светлых прослоек непропитанного картона и посторонних включений. Результаты испытаний заносят в форму записи результатов:

Проверка внешнего вида и полноты пропитки (ГОСТ 2678-94):

- Материал.....
1. Правильность упаковки.....
 2. Правильность маркировки.....
 3. Ровность торцов.....
 4. Количество полотен в рулоне.....
 5. Равномерность распределения посыпки.....
 6. Слипаяемость (наличие, отсутствие).....
 7. Наличие: проколов.....
 - дыр.....
 - трещин.....
 - разрывов.....
 - складок.....
 - надрывов кромок.....
 8. Равномерность и полнота пропитки.....
 9. Наличие светлых прослоек основы, посторонних включений.....
- Заключение.....

2.3.2.2. **Определение водонепроницаемости**

Водонепроницаемость рулонных гидроизоляционных материалов устанавливают в зависимости от области применения и указывают в нормативном документе на конкретный вид материала. Например, при гидростатическом давлении 0,001 МПа в течение 72 часов у рубероида не должно появляться признаков проникания воды.

Материалы и оборудование: труба из стали диаметром 100-110 мм, толщиной 1,5-2,5 мм, длиной не более 120 мм с одним отшлифованным торцом и риской на внутренней поверхности трубы на высоте 100 мм для установления уровня водяного столба, обеспечивающего создание избыточного гидростатического давления 0,001 МПа; линейка металлическая; секундомер; пластинка стеклянная размерами (150x150±1) мм; емкость металлическая размерами не менее 150x150 мм; подставка; бумага фильтровальная; битум нефтяной. Испытание проводят на трех образцах размерами (150x150±1) мм.

Выполнение работы. Испытание при давлении 0,001 МПа. В трубу до риски наливают воду, количество которой поддерживают на постоянном уровне в течение установленного для данного материала времени. Через каждые 24 ч проверяют наличие мокрого пятна на фильтровальной бумаге. При появлении признаков воды испытание прекращают. Образец считают выдержавшим испытание, если в течение установленного времени при заданном давлении на его поверхности не появится вода. Результаты испытаний 3-х образцов заносят в форму записи результатов

Определение водонепроницаемости по ГОСТ 2678-94

- Материал.....
1. Начало опыта (время).....
 2. Гидростатическое давление.....
 3. Вода просочилась через.
- Заключение.....

2.3.2.3. Определение гибкости

Для кровельных и гидроизоляционных материалов важным является анализ механических свойств материала. В первую очередь, к ним относятся прочность и эластичность, характеризующие способность материала к обратимым деформациям и растяжениям. Механические свойства материалов характеризует и такой важный показатель, как гибкость. Гибкость – способность материала после удаления деформирующих усилий приобретать свою первоначальную форму, без появления трещин и изломов. Определяют её, изгибая полоску материала по испытательному брусу, (из твердой древесины, пластмассы или другого материала низкой теплопроводности, имеющему с одной стороны закругление определенным радиусом) при заданной температуре. Радиус должен быть указан в нормативной документации на продукцию конкретного вида.

Материалы и оборудование: испытательный брус, камера морозильная, обеспечивающая создание заданной температуры; секундомер; линейка металлическая; смесь охлаждающая; ткань хлопчатобумажная или бумага фильтровальная; сосуд с водой; три образца размерами $150 \times 20 \pm 1$ мм (вырезанные в продольном направлении).

Выполнение работы. Перед испытанием при положительной температуре образцы помещают в сосуд с водой, температура которой должна соответствовать установленной в нормативных документах на продукцию конкретного вида, и выдерживают в нем $(10 \pm 0,5)$ мин. При 0°C образцы помещают в воду со льдом, а при температурах ниже 0°C — в морозильную камеру (охлаждающую смесь) и выдерживают $20,0 \pm 0,5$ мин. Время охлаждения и температуру указывают для каждого вида продукции. По истечении заданного времени образец извлекают из испытательной среды и прикладывают к ровной поверхности бруса нижней стороной таким образом, чтобы к нему прилегало около $0,25$ длины образца. Свободный конец образца изгибают в течение 5 ± 1 с вокруг закругленной части бруса до достижения другой ровной поверхности (образец принимает U-образную форму). Поверхность изогнутого образца осушают хлопчатобумажной тканью (фильтровальной бумагой) и производят контроль внешнего вида. Время с момента извлечения образца из испытательной среды и до конца испытания не должно превышать 15 с. Материал считается выдержавшим испытание, если на его поверхности не образуются трещины и не отслаивается посыпка. Результаты испытания 3-х образцов заносят в форму записи результатов:

Определение гибкости по ГОСТ 2678-94

Материал.....
1. Продолжительность выдержки в воде..... при $^\circ\text{C}$
2. Испытательный брус радиусом, мм
3. Наличие: трещин.....
отслаивания посыпчного материала.....
Заключение.....

2.3.2.4. Определение теплостойкости

Под теплостойкостью понимают способность материала сохранять форму при определенной температуре. Образец из битумных материалов, расположенный вертикально, считают выдержавшим испытание на теплостойкость, если на его поверхности отсутствуют вздутия и следы перемещения кровельного состава. Показатель теплостойкости определяет климатический район применения материала. Особенно важно учитывать уровень теплостойкости материала на крышах со значительным уклоном.

Материалы и оборудование: шкаф сушильный, линейка металлическая; три образца размером $100 \times 50 \pm 1$ мм, вырезанных в продольном направлении.

Выполнение работы. Образец материала подвешивают в вертикальном положении на расстоянии не менее 50 мм от стенок шкафа, который нагревают до указанной в нормативных документах температуры. Образец бесосновного материала должен быть закреплен по всей ширине в деревянном зажиме. После выдерживания образцов в течение установленного для данного материала времени, их извлекают из сушильного шкафа и осматривают. Если на поверхности образца отсутствуют вздутия и следы перемещения покровного состава, то считают, что он выдержал испытание. Результаты испытания 3-х образцов заносят в форму записи результатов:

Определение теплостойкости по ГОСТ 2678-94

Материал.....
 1. Продолжительность выдержкипри °С
 2. Наличие: вздутий.....
 следов перемещения покровного состава
 Заключение.....

Таблица 2.9 – Сводная таблица по результатам испытаний материалов

Наименование кровельного материала	Оценка внешнего вида	Водонепроницаемость	Гибкость	Теплостойкость

Общие выводы по работе.....

2.4. ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Полимерные материалы (пластические массы) – материалы, содержащие в качестве важнейшей составной части высокомолекулярные соединения — полимеры природного или искусственного происхождения. Ряд пластмасс состоит только из одного полимера (полиметилметакрилат, полиэтилен, полистирол), однако в большинстве случаев на долю полимера приходится 20...60%, а остальную часть составляют добавки-наполнители, пластификаторы, катализаторы, ингибиторы, порообразующие и др.

Преимущества полимерных материалов: легкость и прочность; водо-, газо-, паронепроницаемость; химическая стойкость; диэлектрические свойства; эластичность; стойкость к коррозии; практически неограниченная сырьевая база для их производства, постоянно пополняемая за счет синтеза новых полимеров с заданными свойствами; невысокая полимероемкость большинства пластмасс; простота переработки в изделия любого профиля; способность полимеров образовывать тонкие, но прочные пленки; способность принимать любую окраску и фактуру. Недостатки полимерных материалов: недостаточная долговечность; старение; чувствительность к ультрафиолетовому облучению; малая жесткость и твердость; низкая тепло- и морозостойкость; ползучесть; горение; способность накапливать статическое электричество.

2.4.1. Изучение основных сырьевых компонентов и основ технологии производства полимерных материалов, применяемых в строительстве

Полимеры – высокомолекулярные соединения, построенные из большого числа одинаковых звеньев. Молекулярная масса этих веществ достигает сотен тысяч и млн. единиц. Такие соединения являются главной составляющей полимерного материала — *связующим*, выполняющим роль полимерной матрицы. По химическому характеру реакций, лежащих в основе получения синтетических полимеров, их разделяют на полимеризационные и поликонденсационные.

Полимеризация – процесс получения высокомолекулярных веществ, при котором молекула полимера образуется путем последовательного присоединения молекул одного или нескольких низкомолекулярных веществ (мономеров) к растущему активному центру. Элемен-

тарный состав готового продукта совпадает с элементарным составом исходных веществ. Полимеризацией получают поливинилхлорид, полистирол, полиэтилен и др.

Поликонденсация – процесс соединения большого числа одинаковых или разных молекул низкомолекулярных веществ, сопровождающийся выделением воды, хлористого водорода или других низкомолекулярных веществ. Элементарный состав не совпадает с элементарным составом вступающих в реакцию соединений. Поликонденсацией получают фенолоальдегидные, аминокальдегидные, фурановые, эпоксидные и другие смолы.

Структура полимеров обуславливает их важнейшие свойства. По структуре различают полимеры *линейные, разветвленные и сетчатые*. Линейные полимеры – соединения, макромолекулы которых представляют длинные цепи, а разветвленные полимеры образованы цепями с боковыми ответвлениями. Они хорошо растворимы и плавки. Сетчатые полимеры построены из длинных цепей, соединенных друг с другом в трехмерную сетку поперечными химическими связями, приводящими к потере растворимости и плавкости. Полимеры, свойства и строение которых после нагревания и последующего охлаждения не меняются, называются *термопластичными* (полиэтилен, полистирол). Полимеры, которые при нагревании приобретают сетчатую структуру, необратимо теряя способность растворяться и плавиться, называются *термореактивными* (вулканизированные каучуки, фенолоформальдегидные, мочевиноформальдегидные и др.)

Таблица 2.10. Применение полимерных веществ для производства строительных материалов и изделий

Полимер	Применение
<i>Полимеризационные полимеры</i>	
Полиэтилен	изготовление водопроводных и канализационных труб, пленок, облицовочных изоляционных или прокладочных листов толщиной 1-2 мм, лаков, клеев, мастик
Полистирол	изготовление облицовочных плиток, вентиляционных решёток, санитарно-технических изделий, теплоизоляционных материалов
Поливинилхлорид	изготовление водопроводных и канализационных труб, плиток для полов, погонажных изделий и рулонных материалов (линолеума, релина, декоративной пленки, пенопласта и др.)
Поливинилацетат	изготовление водоземлюльсионных красок, клеев, лаков, мастик, полимерцементов и полимербетонов.
<i>Поликонденсационные полимеры</i>	
Фенолоальдегидные полимеры	в качестве связующего для изготовления древесных плит, фанеры, антикоррозионных замазок, пластбетонов, клеевых композиций, газонаполненных пластмасс
Аминокальдегидные полимеры	изготовление облицовочных плиток, декоративного слоистого пластика, древесноволокнистых, древесностружечных плит, мипора
Эпоксидные полимеры	изготовление клея, лаков, красок, литевых композиций, замазок, мастик, слоистых пластиков и пластбетонов
Кремнийорганические полимеры	в качестве гидрофобизирующих веществ (ГКЖ-10, ГКЖ – 11, ГКЖ - 94), для получения прессованных порошков и стеклотекстолитов.
Полиэфирные алкидные или глифталевые ненасыщенные полимеры	- в качестве лаков, дающих прозрачные неплавкие и нерастворимые пленки, для приготовления мастик и изготовления линолеума; - листы стеклопластика, ванны, вентиляционные короба, душевые кабины, двери, карнизы, панели, изготовление лаков, клеев, пластбетонов, шпаклевок и замазок и др.

Компоненты пластмасс:

- *Наполнители* могут быть минерального или органического происхождения. По структуре бывают порошкообразные, волокнистые, листовые или слоистые. К порошкообразным наполнителям относятся древесная мука, целлюлоза, каменная мука, слюда, каолин, мел, сажа, маршалит и др. К волокнистым – асбест, хлопковые очёсы, стекловолокно, древесные отходы и др. К листовым или слоистым – хлопчатобумажная ткань, бумага, стеклоткань, древесный шпон, асбестовая ткань и др.
- *Пластификаторы* придают полимерам пластичность, гибкость, снижает хрупкость при отрицательных температурах, улучшают морозостойкость материала. К ним относятся сложные эфиры фталевой и фосфорной кислот, простые эфиры поливинилового спирта и др.
- *Сшивающие агенты*-вещества, создающие в полимерной матрице химические связи между молекулами, повышающие прочность, тепло-, свето- и химическую стойкость. *Отверждающие добавки* способствуют переходу линейных макромолекул полимеров в трехмерные молекулы с образованием сетчатой структуры. Для эпоксидных смол это полиэтиленполиамин, фталевый ангидрид. *Вулканизирующие агенты*: для каучуков – сера.
- *Структурообразователи*- вещества, вводимые в полимеры для получения определенной структуры.
- *Красители* чаще всего используют синтетические, нерастворимые в воде или окислы polyvalentных металлов, лаки и пигменты.
- *Стабилизаторы* замедляют термическую деструкцию (разложение) пластика в процессе переработки и эксплуатации, возникающую под действием повышенных температур и солнечных лучей (газовая сажа, производные фенолов, стеараты кальция и др.).
- *Порообразователи* способствуют образованию пористой структуры пластмассы за счёт выделения газа (карбонат аммония и бикарбонат натрия, применяемые совместно; азотсоединения и др.).
- *Смазки*- парафины, воск, предохраняющие от прилипания.
- *Антистатика* – предотвращают возникновение и накопление статического электричества (порошки металлов, графит, алкилфосфаты и др.).
- *Антипирены* – огнезащитные добавки, галогеносодержащие соединения, производные фосфора, сурьмы, изоцианаты)- снижают горючесть материалов, затрудняя воспламенение и распространение пламени.
- *Антисептики* – создают в материале среду, препятствующую появлению и распространению микроорганизмов (вводятся в долях процента – кремнефтористый натрий, тетрациклин и др.).

Получают пластмассы: экструзией; прессованием, литьем под давлением, вальцево-каландровым и промазным методами, контактным и вакуумным формованием, штамповкой и др.

2.4.2. Изучение основных видов и свойств полимерных материалов, применяемых в строительстве

1 Материалы для полов

Полимерные материалы для полов в 5-10 раз легче деревянных и керамических покрытий, гигиеничны, биостойки, декоративны. В строительстве нашли применение следующие их виды.

Поливинилхлоридный линолеум. Наиболее популярный вид линолеума, получаемый из суспензионного или эмульсионного поливинилхлорида. Разновидности линолеума, наиболее часто применяемые в отечественном строительстве:

- на теплозвукоизолирующей основе;
- на тканой и нетканой подоснове;
- трудновоспламеняемый;

- покрытие полов поливинилхлоридное специального назначения;
- однослойный маслобензостойкий;
- сварные ковры на основе поливинилхлоридного линолеума на теплозвукоизолирующей подоснове.

Линолеум ПВХ получают на основе поливинилхлоридной смолы, пластификатора – дибутилфталата, наполнителя (каолин, тальк, асбест и др.) и пигмента промазным, вальцово-каландровым, экструзионно-каландровым или экструзионным способами. Средняя плотность безосновного линолеума 1710-1900 кг/м³, на тканевой основе 1290 кг/м³, водопоглощение 3-5%, истираемость 0,03-0,06 г/см². Применяется для устройства полов в жилых, общественных и некоторых промышленных зданиях, для покрытия лестничных площадок, ступеней, коридоров. Не рекомендуется использование линолеума на тканевой основе в помещениях с повышенной влажностью.

Современные поливинилхлоридные покрытия.

Высококачественные *износостойкие многослойные покрытия*: подоснова из слоя наполненного поливинилхлорида; слой стекловолокна в роли «скелета», обеспечивающего неизменность формы; износостойкий слой чистого очень прочного поливинилхлорида толщиной 0,7 мм; слой полиуретанового защитного покрытия. Толщина покрытия — 2 мм.

Долговечные покрытия с повышенным сопротивлением скольжению. Износостойкий слой таких покрытий содержит твердые частицы (кварц). Они распределены равномерно в массе либо вынесены на поверхность материала. Рабочая поверхность покрытий упрочняется слоем полиуретана, имеет рифленый рисунок (тисненные «шашечки», или «островки» неправильной формы).

Современные поливинилхлоридные *покрытия с имитацией фактуры и цветовых оттенков натурального камня*. Высокие декоративные качества покрытию придают «чистые» цвета, полутона и перламутровые «чипсы» — разноцветные мелкие или крупные вкрапления, проникающие на всю глубину материала. Покрытия усилены полиуретаном, что позволяет продлить срок службы, повышает устойчивость покрытий к загрязнению (экономия воды и моющих средств до 30%), химическим воздействиям, воздействию роликовых колес. Такие покрытия могут сочетаться с подогревом пола.

Спортивные рулонные гетерогенные покрытия толщиной 7.4 мм. Слои — вспененная поливинилхлоридная основа (примерно 75% толщины), служащая амортизатором; армирующая сетка из нетканого стекловолокна; поливинилхлоридная пленка, нанесенная методом каландрирования. Покрытия используются в спортивных сооружениях самого широкого профиля. Выпускаются покрытия, пропитанные составами бактерицидного действия и снижающими адгезию покрытия к различным видам загрязнения.

Резиновый линолеум (релин) – двухслойный рулонный материал. Верхний слой его изготавливают на основе синтетических каучуков СКБ и СКМС, а нижний из смеси битума и старой резины вальцово-каландровым методом. Обладает эластичностью, гигиеничностью, химической стойкостью. Средняя плотность 1170 кг/м³, истираемость 0,03-0,05 г/см², водопоглощение до 1%. Применяется в гражданском, общественном и промышленном строительстве, особенно в помещениях с повышенным влажным режимом эксплуатации пола (банных, душевых, моечных и др.).

Современные *высококачественные резиновые напольные покрытия* очень износостойки и долговечны. Они отличаются экологической чистотой, легкостью и рентабельностью ухода (так как очень плотная поверхность, то устойчивы к загрязнению), пространственной стабильностью (так как не содержат пластификаторов), хорошими противопожарными характеристиками, устойчивостью к химическим воздействиям. Покрытия антистатичны, не скользят, благодаря своей упругости снижают нагрузку на опорно-двигательный аппарат человека.

Эластичные резиновые полы для спортивных залов повышают результативность и снижают риск травм у спортсменов, не скользят, мгновенно восстанавливают форму, хорошо амортизируют

ют удары, имеют длительный срок службы, просты в ремонте и обслуживании. Спортивные покрытия выпускаются с верхним слоем из дерева, винила, резины, пропилена.

Плитки фенолитовые изготавливают из фенолоформальдегидных прессовочных порошков методом прессования. Отличаются повышенной водо-, тепло-, морозо-, кислотостойкостью, паронепроницаемостью и износостойкостью. Средняя плотность 1400 кг/м³, истираемость 0,02-0,04 г/см². Отличаются высокой прочностью, теплостойкостью, низким водопоглощением (не более 0.1%). Применяют плитки для устройства полов в помещениях с высокой агрессивностью.

Износостойкая ковровая плитка выпускается на поливинилхлоридной основе и может армироваться стекловолокном. Размер плитки 457х457 мм; ворс — нейлоновое волокно. Такая плитка может монтироваться к основанию при помощи фиксаторов или за счет магнитного крепления, места стыков практически неразличимы. Преимущества покрытия: быстрый монтаж и демонтаж; износостойкость; защита от загрязнений и статического электричества; воздействия химических веществ; светостойкость; антибактериальные свойства.

Поливинилхлоридная полужесткая плитка изготавливается из композиции поливинилхлоридных смол и известняка трех типов: сплошной осколочно-зернистой структуры, с зернистым слоем и с вкраплениями. Благодаря такому декоративному слою маскируются все дефекты покрытия. Плитка практически не изнашивается. На основе такой же композиции выпускается *плитка препятствующая скольжению* («степмастер»).

Плитка с декоративными вставными элементами (плитка «Novi») — изготавливается из небольшого количества пластмасс с высоким содержанием минеральной составляющей (кварцевый песок). Производят плитку каландрированием, холодным и горячим прессованием под давлением. На плитку наносят полиуретановое покрытие, которое делает плитку грязеустойчивой и облегчает уход за ней. Толщина плитки 2 мм. Плитка износостойкая, экологична, пожаробезопасна, ремонтпригодна, отличается высокой точностью размеров. Применяется в помещениях жилых, общественных и промышленных зданий. Новая серия плитки «Novi» выпускается с прорезями на всю глубину и разноцветными вставными элементами, из которых можно составить композицию самостоятельно.

Покрытия на основе химических волокон. Двухслойные покрытия. Рабочая поверхность изготавливается из 100% полиамидного волокна и отличается очень высокой плотностью. Для печатного рисунка используются нити специфического строения, придающие покрытию структурные особенности, позволяющие за счет преломления света значительно снизить оптический эффект загрязнения. В качестве подложки используется 100% полиэстер. Безворсовые сверхплотные ковры антистатичны, износостойчивы, экологичны. Плотный верхний слой исключает возможность глубокого проникновения грязи, а с поверхности она легко удаляется при помощи традиционных средств ухода.

Напольные покрытия специального назначения:

Пленки для защиты напольной графики — специальные прозрачные самоклеящиеся поликарбонатные или поливинилхлоридные пленки высокой прочности. Толщина поликарбонатной пленки 125 мкм, поливинилхлоридной — 185 мкм.

Грязеулавливающие покрытия выполняют различные функции (удерживают грязь, мусор, впитывают влагу), выпускаются с использованием полиамида, полипропилена, нейлона и др. Поставляются в рулонах и листах. Наиболее эффективна трехступенчатая система защиты:

- 1) покрытие с мелкими ячейками (обеспечивает предварительную очистку);
- 2) комбинированное покрытие с ячейками и ворсом (ячейки удерживают оставшуюся грязь, ворс впитывает влагу);
- 3) ворсовые ковры (завершают процесс очистки).

Рулонные материалы для покрытия полов в ванных комнатах, местах отдыха и занятия спортом изготавливают на основе вспененного полиуретана. Поверхность полотна — с ярким рисунком, рельефная, со сквозными отверстиями.

Мастичные бесшовные материалы – вязкотекучие полимерные составы, наносимые путем полива или распыления на основании пола с последующим отверждением. Связующим являются латексы натуральных и синтетических каучуков, поливинилацетатная или поливинилхлоридная дисперсии, цементы, гидравлическая известь и вода. Заполнителем – тонкомолотый кварцевый песок, каменная мука и др. Средняя плотность 1800-2050 кг/м³, истираемость 0,005 г/см², предел прочности при сжатии до 24 МПа, при изгибе до 10 МПа. Рекомендуется для помещений, где надо уменьшить пылеотделение (цеха точного приборостроения), в цехах с всевозможными нагрузками и движением транспорта, в общественных и промышленных зданиях, коридорах, душевых и др.

2. Материалы для стен

Материалы для стен можно разбить на три основные группы:

- конструкционные материалы (стеклопластики, древесностроительные пластики),
- конструктивно-отделочные (древесностружечные и древесностроительные плиты),
- отделочные (полистирольные плитки, декоративный бумажный пластик, моющиеся обои, линкруст, текстовинит и др.).

Древесностружечные плиты получают горячим прессованием древесных стружек, пропитанных фенольными или карбидными смолами с введением добавок (антисептиков, антипиренов и гидрофобизаторов). Средняя плотность 550-820 кг/м³, водопоглощение за 24 часа 10-15%, предел прочности при изгибе до 12-18 МПа. Применяются для облицовки стен, устройства перегородок, потолков и др.

Древесно-слоистые пластики получают прессованием под высоким давлением тонких листов шпона, пропитанных фенолоформальдегидной смолой. Средняя плотность 1250-1300 кг/м³, водопоглощение за 24 часа 5-10%, предел прочности при сжатии вдоль волокон 125-180 МПа. Применяются для несущих конструкций, в качестве обшивки стеновых трехслойных панелей, сводчатых конструкций и др.

Стеклопластики получают на основе стекловолокна, пропитанного синтетическими смолами (полиэфирной, фенольной, эпоксидной и др.). Выпускают стеклопластики, армированные направленным стекловолокном, армированные стеклотканью и др. Средняя плотность 1400-2000 кг/м³, водопоглощение 0-3%, предел прочности при растяжении полиэфирного стеклопластика от 60 и 450 МПа, при сжатии 90-400 МПа, при изгибе 120-700 МПа. Применяются для изготовления несущих элементов и оболочек навесных панелей, пространственных ограждающих конструкций, световых фонарей, светопрозрачных перегородок, санитарно-технических изделий, оконных и дверных блоков и др.

Бумажнослоистые пластики получают прессованием специальных сортов бумаги, пропитанных полимерными смолами (фенолоформальдегидными, карбамидными и др.). Бумага определяет декоративные и механические свойства пластика. Предел прочности при растяжении до 90 МПа, при изгибе до 117 МПа. Плотность пластика 1400 кг/м³. Они легко обрабатываются, износоустойчивы. Применяются как отделочный материал.

3. Отделочные материалы

Отделочные материалы обладают малой средней плотностью широкой гаммой декоративных решений, высокой степенью строительной готовности, высокими физико-механическими показателями. Применение их в строительстве позволяет снизить трудоемкость, стоимость и сроки производства отделочных работ.

Полистирольные плитки – тонкие, литые пластики квадратной или прямоугольной формы с гладкой наружной и рельефной тыловой поверхностью, изготовленные из полистирола, наполнителя, пигмента и добавок методом литья под давлением. Они водо- и химически стойки, достаточно прочны, приклеиваются к основаниям мастиками или клеем. Недостатком является горючесть и растворимость в органических соединениях. Средняя плотность около 1000 кг/м³, водопоглощение за 24 часа до 0,1%, теплостойкость 70°C, предел прочности при изгибе 50-80 МПа. Применяются для облицовки стен кухонь, ванн, холодильников, бытовых помещений и др.

Листовой декоративный пластик на основе полистирола используют для отделки жилых и общественных зданий. Пластик может иметь самоклеящуюся основу. С лицевой поверхности пластик покрыт защитной пленкой. Виды пластика:

- гладкий; может быть зеркальным или матовым, имитировать текстуру дерева или камня, металл;
- ячеистый, очень гибкий; применяется для отделки криволинейных поверхностей;
- структурный; применяется в качестве стеновых панелей;
- перфорированный.

Листы поливинилхлоридные предназначены для облицовки стен и потолков. Отличаются большим количеством фактурно-цветовых решений. Плотность 1380 кг/м³, эксплуатируются при температуре 0...60°C. Выпускаются с различными комплектующими: прозрачными и декоративными профилями, плинтусами, карнизами, соединителями, угловыми деталями и т.д. Возможна укладка покрытия встык, внакладку.

Моющиеся обои – рулонные материалы на бумажной основе с пленочным покрытием из водной дисперсии поливинилацетата, поливинилхлорида и др. С лицевой стороны покрыты казеиновой эмульсией для придания блестящей поверхности, которая может быть гладкой, рельефной, тиснёной и с цветным рисунком. Обои воздухонепроницаемы прочны и стойки к мытью. Применяются для внутренней отделки стен жилых и общественных зданий.

Поливинилхлоридные пленки ПДСО, ПДО и др.- рулонные материалы толщиной 0,15 мм. Изготавливаются вальцево-каландровым способом из поливинилхлорида, пластификатора, пигментов и различных добавок. Выпускаются гладкими, тиснёными, с печатным рисунком. Предел прочности при растяжении в продольном направлении – не менее 9,8 МПа, относительное удлинение при разрыве не менее 115%. Применяются для внутренней отделки стен комнат, передних, коридоров, кухонь, гостиных и др.

Рулонные материалы для внутренней отделки:

Обои под окраску. Основа обоев — флизелиновое волокно, представляющее собой материал из композиции целлюлозных и минеральных волокон. На эту основу наносится рельефный декор из вспененного винила. Высокий рельеф винила позволяет скрыть незначительные дефекты стен. Пористо-волокнистая структура позволяет обеспечить хорошую паропроницаемость и звукоизоляцию. Прочные минеральные волокна выполняют роль своеобразной арматуры. Так как флизелин и винил образуют прочное соединение, то обои имеют длительный срок службы. Окраска производится водоразбавляемыми составами после оклейки. При окраске обоев можно получить любой вид отделки.

Полимерные оконные пленки. Это солнцезащитные и бронирующие пленки на основе полиэфиров. Они повышают комфорт за счет уменьшения слепящего действия солнечных лучей и уменьшения бликов (до 90%), снижают потери тепла (до 30%), упрочняют стекло, позволяют изменить цвет окон.

Пленки для натяжных потолков. Пленки изготавливают на основе поливинилхлорида. Они имеют толщину около 0,17 мм, отличаются высокой упругостью, не изменяют свои свойства в интервале температур от -5 до +50°C. Пленки имеют более сотни цветов и оттенков. Поверхность может быть глянцевой, матовой, зеркальной, полупрозрачной, под замшу, под мрамор и т.д. Пленки не горят, не подвержены влиянию химических веществ, не конденсируют влагу, легко моются, способны выдержать достаточно большую нагрузку и после удаления полностью восстанавливают форму. Потолки из таких пленок монтируются в течение 2-3 часов.

Из листовых полимерных материалов и изделий для наружной облицовки наибольшее применение получил виниловый сайдинг – фасадная облицовка, имитирующая вагонку. Это прекрасный фасадный материал, пригодный для облицовки вновь возводимых и для обновления фасадов существующих зданий и сооружений. Он устойчив к температурным перепадам и атмосферным воздействиям, морозостоек (выдерживает $t \leq 50^\circ\text{C}$), влагонепроницаем, не гниет, прост в эксплуатации, не коробится, долговечен (50 лет).

4. Тепло- и звукоизоляционные материалы

Ценные строительные качества (низкая теплопроводность, паро- и воздухопроницаемость, морозостойкость, хорошие звукоизоляционные свойства, достаточная прочность) определяют высокую эффективность и широкое применение следующих их видов.

Пенополистирол получают прессовым или безпрессовым методами. В работе предлагается получать его методом одностадийного вспенивания. Средняя плотность пенополистирола 15-50 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,037-0,042 Вт/(м·К), водопоглощение за 24 ч не более 2%, предел прочности при сжатии* 0,05-0,25 МПа. Теплостойкость 60-70°С. Применяется в кровлях промзданий для наружных конструкций в сочетании с облицовками из асбестоцемента и фольгоизола и др.

Пенополивинилхлорид изготавливают на основе ПВХ смолы прессовым или беспрессовым методами. Представляют собой жесткие или пластичные плиты желтого цвета. Для получения эластичного пенопласта в состав вводят дибутилфталат. Средняя плотность 50-220 кг/м³, водопоглощение за 24 ч 0,3%, коэффициент теплопроводности 0,032-0,045 Вт/(м·К), теплостойкость +60°С, предел прочности при сжатии* 0,2-2,6 МПа, при изгибе 2-4 МПа.

Мипора представляет собой отвердевшую пену белого цвета. Изготавливают на основе карбамидной смолы и Вт/(м·К) в виде блоков. Средняя плотность 10-20 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,032-0,042 Вт/(м·К), водопоглощение за 24 часа не более 9.6-12%, предел прочности при сжатии* 0,01 МПа. Теплостойкость до 100°С. Хороший звукоизоляционный материал, но гигроскопичен и не биостоек. Рекомендуется упаковывать полиэтиленовой пленкой. Применяется как тепло-, холодо- и звукоизоляционный материал, для уплотнения стыков и любых полостей строительных конструкций.

5. Кровельные, гидроизоляционные и герметизирующие материалы.

Кровли и гидроизоляционные покрытия с использованием полимерных материалов отличаются надежностью в эксплуатации. Они водо- и воздухо непроницаемы, морозостойки и устойчивы к агрессивным средам.

Рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы на основе эластомеров (РКГЭМ) обладают высокими физико-механическими характеристиками (в т.ч. тепло- и морозостойкостью, стойкостью к солнечной радиации). Применение таких материалов, в сочетании со специальной технологией монтажа, позволяет заменить многослойные кровли и гидроизоляцию из традиционных материалов на однослойную изоляцию. Переход на однослойную изоляцию значительно снижает трудоемкость работ, повышает огнестойкость зданий (особенно с перекрытиями из легких металлических конструкций). Для получения РКГЭМ используются полимеры с повышенной стойкостью к окислению: полихлорпреновые, бутил и этилпропиленовые каучуки, полиизобутилен и др.

Полиэтиленовая пленка получается методом экструзии из полиэтилена. Выпускается в рулонах не нормированной длины при ширине 800-1420 мм, толщине 0,06-0,2 мм. Является практически водо- и паронепроницаемым материалом высокой прочности, с пределом прочности при растяжении не менее 10-15 МПа. Применяется в качестве кровельного материала при устройстве теплиц и навесов, при изоляции фундаментов от грунтовых вод и для сохранения влаги при производстве железобетонных изделий.

Полиэфирные стеклопластики получают методом контактного формования путем отверждения терморезактивных смол, армированных стекловолокном. Выпускаются в виде волокнистых светопропускающих листов различной окраски, шириной не менее 1000 мм, длиной 1000-6000 мм, толщиной 1,5-2,5 мм. Средняя плотность 1400 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,28 Вт/(м·К), водопоглощение за 24 часа до 1%, предел прочности при растяжении не менее 60 МПа. Применяются как светопрозрачный кровельный материал для устройства фонарей в промышленных зданиях, крыш рынков, выставок, музеев, спортзалов, библиотек, а также как отделочный материал.

Мастики УМС-50 и УМ-40 – невысыхающие пластозластичные мастики, изготовленные на основе высокомолекулярного полиизобутилена, наполнителя и пластификатора. Выпускаются черного и серого цветов в зависимости от вида наполнителя методом вальцевания, вводятся в стыки под давлением из упаковочных патронов или шприцов. Средняя плотность 1200 кг/м³, водопоглощение за 24 часа до 0,93%, относительное удлинение 200% и выше, теплостойкость до 70°С. Они абсолютно влаго-, паро- и воздухо непроницаемы, обладают хорошей адгезией.

* Предел прочности при сжатии при 10%ой деформации.

6. Трубы

Применение полимерных труб позволяет сократить расход материалов, повысить производительность производства изделий, улучшить внешний вид и снизить их стоимость.

Полиэтиленовые трубы могут работать как напорные, так и безнапорные. Легче стальных, имеют большую длину, что ускоряет монтаж трубопроводов. Низкий коэффициент трения внутренней поверхности снижает гидравлические потери и увеличивает пропускную способность труб. Стойкость их против химических сред выше, чем металлических, но они имеют недостаточный температурный предел эксплуатации (90°C). Средняя плотность 850-900 кг/м³, предел прочности при растяжении 14 МПа. Применяются для оросительных и ирригационных систем, транспортировки жидкостей, устройства газопроводов и ливневой канализации.

Стеклопластиковые трубы изготавливают на основе стекловолоконного наполнителя, пропитанного полиэфирной смолой, центробежным методом. Они значительно прочнее полиэтиленовых, способны выдержать рабочие температуры до 150°C. Применяются в нефтяной промышленности и при строительстве химических предприятий.

7. Профильно-погонажные изделия

Профильно-погонажные изделия – длинномерные изделия разнообразных профилей. Представляют собой отдельные элементы оформления помещения, лестничных перил или защиты от истирания и других механических повреждений ступеней. Изготавливают их способом экструзии на основе поливинилхлорида и его сополимеров с различными добавками. Изделия относятся к группе горючих. Классифицируют профильно-погонажные изделия:

- по назначению — на плинтусы, прокладки для окон, нащельники, наличники, трубки, порожки дверных проемов, поручни для лестниц, накладки ступеней и лестниц, раскладки для облицовочных листов, элементы внутренней отделки;
- по жесткости — на мягкие, полужесткие, жесткие;
- по показателям внешнего вида.

К отдельной группе профильно-погонажных изделий относятся *отделочные материалы из пенополиуретана*, производимые по уникальной технологии на основе литья. Это элементы лепнины: карнизы, потолочные розетки, стеновые и потолочные молдинги, медальоны, детали обрамления арок, дверных проемов, стеновых ниш; полуколонны, пилястры и др. Выпускаются и тела вращения: колонны, пьедесталы, купола. Пенополиуретан и изделия из него отличаются низкой гигроскопичностью, невосприимчивостью к температурно-влажностным перепадам, упругостью, вязкостью. Такие изделия применяются там, где традиционные отделочные материалы, не выдерживают длительной эксплуатации.

На основании полученных сведений, пользуясь методическими указаниями и коллекцией полимерных материалов, требуется составить сравнительную характеристику основных видов материалов в виде табл.2.11.

Таблица 2.11 — Сравнительная характеристика основных видов полимерных материалов

№ п/п	Наименование материала	Основные компоненты, входящие в состав материала, метод производства	Средняя плотность ρ , кг/м ³	Основные свойства, характерные для рассматриваемого материала	Особенности применения
1	2	3	4	5	6
Материалы для полов					
Материалы для стен					
Отделочные материалы					
Тепло-звукоизоляционные материалы					
Кровельные, гидроизоляционные и герметизирующие материалы					
Трубы, сантехнические приборы					
Профильно-погонажные изделия					

3. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Теплоизоляционные материалы и изделия имеют низкую среднюю плотность $\rho_0 \leq 500$ кг/м³ и низкую теплопроводность $\leq 0,175$ Вт/(м·К) (при температуре 25°C). Назначение теплоизоляционных материалов – тепловая изоляция промышленного оборудования и зданий, гражданских сооружений, энергетического оборудования, трубопроводов, с целью уменьшения теплообмена с окружающей средой. Т.к. у воздуха низкая теплопроводность ($\lambda_{\text{возд}}=0,023$ Вт/(м·К)), то теплоизоляционные материалы содержат большое количество замкнутых равномерно распределённых пор и пористость таких материалов от 50 до 98%. Кроме того, на теплопроводность оказывает влияние и структура материала, из которого состоят стенки пор.

Теплоизоляционные материалы и изделия классифицируют:

По виду основного исходного сырья:

- неорганические;
- органические.

По структуре:

- волокнистые (минеральная вата, стекловата);
- ячеистые (газосиликат, пенопласт, пенобетон);
- зернистые (керамзит, перлит, зольный гравий).

По внешнему виду и форме:

- рыхлые (вата, перлит и др.);
- плоские (плиты, маты, войлок и др.);
- фасонные (цилиндры, полуцилиндры, сегменты и др.);
- шнуровые.

По возгораемости:

- несгораемые;
- трудносгораемые;
- сгораемые.

По содержанию связующего вещества:

- содержащие связующее вещество;
- не содержащие связующее вещество.

Марку материалов и изделий устанавливают по плотности. Предельную температуру применения материалов и изделий устанавливают в стандартах или технических условиях на конкретные виды материалов и изделий с обязательным указанием группы горючести. Теплопроводность материалов и изделий, в зависимости от предельной температуры применения, указывают в стандартах или технических условиях на конкретные виды материалов и изделий при температуре 25°C для материалов и изделий, применяемых при температуре до 200°C; 125°C для материалов и изделий, применяемых при температуре до 500°C; 300°C для материалов и изделий, применяемых при температуре свыше 500°C.

3.1. Изучение важнейших видов теплоизоляционных материалов

1. Минеральная вата представляет собой механическую смесь коротких искусственных волокон, получаемых из расплава горных пород (базальт, доломит, мергель) или металлургических шлаков. Беспорядочное расположение волокон создает высокопористую структуру, а следовательно, малую теплопроводность. Минеральная вата не горит, не гниет, почти не гигроскопична, она морозо- и температуростойка. При смешивании минеральных волокон со связующими получают готовые изделия: маты, плиты, войлок, полуцилиндры и полые цилиндры. В зависимости от вида, количества связующего вещества и степени прессования выпускают мягкие, полужесткие и жесткие плиты.

Плиты и маты минераловатные на синтетическом связующем применяют для теплоизоляции строительных конструкций, промышленного оборудования и трубопроводов при температурах изолируемых поверхностей от $-60...+400^{\circ}\text{C}$. Марки по средней плотности 75-225; теплопроводность $0.047...0.054 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Такие же свойства имеют **плиты минераловатные на крахмальной связке**, однако их применяют только с защитой от увлажнения.

Плиты минераловатные на битумном связующем имеют марки 75, 100, 150, 200, 250, теплопроводность $0.044...0.058 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Применяют такие плиты для теплоизоляции строительных конструкций, технологического оборудования и трубопроводов, промышленных холодильников при температуре изолируемых поверхностей $-100...+60^{\circ}\text{C}$; допускается применять мягкие минераловатные плиты на битумном связующем при изоляции находящегося вне помещения оборудования и трубопроводов (кроме взрыво- и пожароопасных объектов) при температуре изолируемых поверхностей до $+100^{\circ}\text{C}$.

Минераловатные прошивные маты изготавливаются из минеральной ваты с обеспыливающими добавками, с одной стороны имеют обкладку. Применяют для теплоизоляции строительных конструкций, технологического оборудования и трубопроводов при температуре $-180...+600^{\circ}\text{C}$.

2. К теплоизоляционным керамическим материалам относятся диатомитовые (трепельные), перлитокерамические и др. изделия, а также керамзитовые и аглопоритовые сыпучие материалы.

Диатомитовый (трепельный) кирпич и пенодиатомитовые изделия получают из осадочных горных пород различными способами, позволяющими получить высокопористую структуру (высокое водозатворение, введение в формовочную массу выгорающих добавок, и др.). Средняя плотность изделий $350...500 \text{ кг}/\text{м}^3$, теплопроводность $0.068...0.1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, применяются для теплоизоляции строительных конструкций, технологического оборудования, трубопроводов, печей при температуре изолируемых поверхностей до 900°C .

3. **Ячеистое стекло** — пористый строительный материал, получаемый путем спекания тонко измельченного стеклянного порошка и газо- или пенообразователя (известняк, кокс, древесный уголь и др.). Выпускаются следующие виды пеностекла: теплоизоляционное, декоративно-акустическое, облицовочное и гранулированное. Теплоизоляционное стекло разделяют на изоляционно-строительное и изоляционно-монтажное. В основном выпускается изоляционно-строительное стекло плотностью $150-250 \text{ кг}/\text{м}^3$, применяют его в виде плит и блоков для утепления стен, покрытий и других элементов каркаса, Теплопроводность такого стекла $0.064...0.083 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, предел прочности при сжатии $0.8...2 \text{ МПа}$. Значительно реже выпускают изоляционно-строительное стекло плотностью $250-350 \text{ кг}/\text{м}^3$, теплопроводностью $0.083...0.09 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, предел прочности при сжатии $2...4.5 \text{ МПа}$, для самонесущих элементов ограждения; и изоляционно-монтажное стекло плотностью $140-180 \text{ кг}/\text{м}^3$ для изоляции тепловых установок, трубопроводов, емкостей, холодильников. Интервал рабочих температур $-180...+400^{\circ}\text{C}$. Ячеистое стекло можно резать, шлифовать, сверлить. **Гранулированное пеностекло** изготавливают со средней плотностью $100-200 \text{ кг}/\text{м}^3$ в виде гранул фракций $3...7, 7...15, 15...25 \text{ мм}$ и применяют в виде теплоизоляционных засыпок в промежутках между стенами и в полостях панелей. Из гранул и вяжущих можно изготовить элементы разной формы.

Стекловолоконистые утеплители являются хорошим теплоизоляционным материалом благодаря высокой прочности на растяжение, атмосферо- и биостойкости, негорючести. Непрерывное стекловолокно выпускают диаметром от 3 до 100 мкм. Штапельное стекловолокно выпускают от микротонкого (диаметром менее 0.5 мкм) до грубого (диаметром более 20 мкм). Кроме диаметра, свойства штапельного стекловолокна определяются его длиной формой, составом стекла: средняя плотность от 15 до $190 \text{ кг}/\text{м}^3$, коэффициент теплопроводности не более $0.047 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, интервал рабочих температур $-60...+200^{\circ}\text{C}$, материал трудносгораемый. Применяют в виде полос, плит, матов и др., для тепловой изоляции ограждающих конструкций и технологического оборудования.

4. Вспученный перлит – пористый материал, получаемый термической обработкой из дробленых водосодержащих пород. При быстром нагревании до температур 900-1200°C происходит резкое испарение воды, что приводит к увеличению объема материала практически в 20 раз. После обжига в зависимости от размера зерен вспученный перлит разделяется на песок и щебень. Вспученный перлитовый песок имеет марки по насыпной плотности 75...500 кг/м³; теплопроводность 0.043...0.093 Вт/(м·К). Применяют его в качестве заполнителя при изготовлении теплоизоляционных материалов, огнестойких штукатурных растворов, а также для теплоизоляционных засыпок при температуре изолируемых поверхностей от –200 до +875°C. **Вспученный перлитовый щебень** разделяют на фракции 5..10 и 10...20 мм и применяют в качестве заполнителя в бетонах различного назначения. Выпускают вспученный перлитовый щебень марок 200, 400, 500 и 700.

Теплоизоляционные изделия из вспученного перлита в зависимости от температуры применения разделяют на группы:

- для низких отрицательных и обычных положительных температур от –200 до +130°C (вспученный перлитовый порошок (с зернами 0.16...1.25 мм) и пудру (с зернами менее 0.16 мм), перлитобитумные изделия и битумно-перлитовая масса);
- для средних положительных температур до 600°C (перлитцементные, перлитофосфогелевые изделия, перлитовый обжиговый легковес);
- для высоких положительных температур до 900...1300°C (перлитокерамические и керамоперлитофосфатные изделия, жароупорный перлитобетон, перлитовые легковесные и ультралегковесные огнеупоры).

Перлитцементные изделия в виде плит, полуцилиндров и сегментов изготовляют путем смешивания перлитового песка, цемента и водной асбестовой пульпы. Марки по средней плотности изделий 225, 250, 300, 350, теплопроводность 0.065...0.079 Вт/(м·К), предел прочности при изгибе соответственно не менее 0.22...0.28 МПа. Применяют перлитцементные изделия для тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов.

Перлитоасбестовые жаростойкие плиты имеют марки 300...500, теплопроводность 0.07..0.18 Вт/(м·К). Применяют для тепловой изоляции оборудования до 875°C. Плиты из **перлитопластбетона** получают вспениванием смеси новолачной фенолформальдегидной смолы и вспученного перлита с добавками отвердителя и газообразователя. Выпускают плиты марок 100, 125, 150 и 175, теплопроводностью 0.039..0.046 Вт/(м·К), прочность при сжатии* 0.12..0.2 МПа, прочность при изгибе 0.18...0.3 МПа. Температура применения –50...+150°C. Используют плиты из перлитопластбетона для тепловой изоляции строительных конструкций в сельскохозяйственном строительстве.

5. Асбестовая бумага — это листовой или рулонный материал, изготовленный из асбеста с небольшой добавкой склеивающих веществ. В зависимости от степени распушки асбеста и уплотнения массы средняя плотность асбестовой бумаги составляет 450...950 кг/м³, теплопроводностью 0.13...0.18 Вт/(м·К), предельная температура применения 500°C.

Асбестовый картон изготовляют из асбестовой бумаги или асбестового волокна, смешанного с наполнителем (каолином) и связующим веществом (крахмалом). Ячеистый асбестовый картон состоит из чередующихся слоев гладкой и гофрированной бумаги, склеенных между собой жидким стеклом или клеем. В зависимости от толщины бумаги и размеров воздушных прослоек средняя плотность асбестового картона составляет 1000..1400 кг/м³, теплопроводность 0.052...0.093 Вт/(м·К). Картон из асбестового волокна и наполнителя имеет среднюю плотность от 900 до 1000 кг/м³, теплопроводность. Применяют асбестовый картон для теплоизоляции промышленного оборудования и трубопроводов; он не обугливается и не тлеет.

Совелит — это асбестомagneзиальный материал, изготавливаемый из доломита, подвергаемого сложной переработке, и асбеста. Совелит применяют в виде порошка, плит, полуцилиндров для тепловой изоляции промышленного оборудования при температурах до 500°C. Средняя плотность 450 кг/м³, теплопроводность до 0.098 Вт/(м·К).

Известково-кремнеземистые изделия. Для изготовления применяют: асбест хризотилковый, известь строительную воздушную кальциевую негашеную без добавок, диатомит, трепел, кварцевый песок или другие кремнеземистые материалы, содержащие SiO₂ не менее 75 %. Изделия со средней плотностью 200..225 кг/м³, теплопроводностью 0.058...0.065 Вт/(м·К), с прочностью при изгибе не менее 0.35 МПа применяют для тепловой изоляции до 600°C.

6. Древесноволокнистые плиты получают путем горячего прессования волокнистой массы, состоящей из органических, в основном целлюлозных волокон, воды, наполнителей, синтетических полимеров и специальных добавок. Для теплоизоляции стен, полов, потолков, в ограждающих конструкциях используют мягкие древесноволокнистые плиты средней плотностью 150..350 кг/м³, теплопроводностью 0.055...0.09 Вт/(м·К), с прочностью при изгибе 0.4...2 МПа.

Фибролит — это плитный материал из тонких древесных стружек (древесной шерсти), скрепленных неорганическим вяжущим (портландцементом или магнезиальным). Фибролит — трудносгораемый материал, морозо- и биостоек. Плиты фибролита можно пилить, сверлить, забивать в них гвозди, ввинчивать шурупы; они хорошо оштукатуриваются и окрашиваются, прочно сцепляются с незатвердевшим бетоном. Теплоизоляционный фибролит средней плотностью 250...500 кг/м³, теплопроводностью 0.07...0.1 Вт/(м·К) применяют для утепления тонких кирпичных и бетонных стен в сельскохозяйственном строительстве, ограждающих стеновых конструкциях жилых, общественных и промышленных зданий с сухим режимом эксплуатации. Фибролит марок 400 и 500 можно использовать не только как теплоизоляционный, но и как конструкционный материал для устройства перегородок, покрытий, перекрытий сельскохозяйственных и складских зданий, а также для стен в деревянном стандартном домостроении.

Арболит — легкий бетон и изделия из него, получаемые на минеральном вяжущем и органическом целлюлозном заполнителе растительного происхождения, с введением химических добавок. В качестве вяжущего чаще всего применяют портландцемент, реже известь, магнезиальные вяжущие или гипс; в качестве заполнителя применяют отходы от обработки древесины, измельченные сучья, ветви, вершины, горбыли и др. Теплоизоляционный арболит имеет среднюю плотность 400...500 кг/м³, теплопроводность 0.07...0.095 Вт/(м·К), прочность при сжатии 0.5..5 МПа, прочность при изгибе 0.7...1 МПа. Материал биостойкий, трудносгораемый. Применяют арболит для изготовления панелей наружных и внутренних стен, применяемых во внутренних ненесущих стенах и перегородках жилых, общественных и промышленных зданий, а также для тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий в зданиях и сооружениях с относительной влажностью воздуха помещений не более 60 %.

7. Теплоизоляционные пластмассы получают химическими и физическими способами из полимеров различной структуры. По строению различают полимерные материалы с замкнутыми порами (пенопласты), с сообщающимися порами (поропласты) и повторяющимися плоскостями (сотопласты). Для теплоизоляции применяются в основном **пенопласты** (пенополистирол, пенополиуретан, пенофенопласт, пенополивинилхлорид, и др.), так как они имеют меньшую паро-, водо- и воздухопроницаемость. Свойства пенопластов зависят от вида применяемого полимера и способа производства: средняя плотность 10...150 кг/м³, теплопроводность 0.033...0.052 Вт/(м·К), прочность* 0.05...4 МПа, температура применения — 180...+150°C. По огнестойкости теплоизоляционные пластмассы относятся к трудносгорае-

мым и сгораемым материалам. Кроме хороших теплоизоляционных свойств, в большинстве случаев пластмассы отличаются достаточными прочностными и деформационными характеристиками, гидрофобностью и химической стойкостью. Применяют пенопласты в виде плит, блоков, полуцилиндров и др., для теплоизоляции кирпичных стен, многослойных стеновых панелей, трубопроводов, промышленного оборудования, холодильных установок.

Пенополиуретаны — продукт взаимодействия диизоцианата, многоатомных спиртов, полиэфиров. Изменяя состав исходных компонентов, можно получать эластичные, полужесткие и жесткие пенополиуретаны. Средняя плотность 25...200 кг/м³, теплопроводность 0.033...0.06 Вт/(м·К), прочность* 0.3...2.2 МПа, температура применения –60...+70°С.

Пеноплэкс — теплоизоляционные плиты, которые изготавливаются из полистирола методом экструзии. Благодаря особой технологии изготовления, плиты **пеноплэкс** не имеют пустот, способных поглощать воду, что и является основой высоких эксплуатационных характеристик, сочетающих в одном материале низкие гигроскопичность, низкую теплопроводность и высокую прочность на сжатие. Средняя плотность 29,5...50 кг/м³, теплопроводность 0.028...0.03 Вт/(м·К), прочность* 0.25...0.5 МПа, водопоглощение за 24 ч не более 0.1-0.2%. Применяется пеноплэкс для теплоизоляции стен, кровель, фундаментов, промышленных холодильных камер, изотермических фургонов и рефрижераторов, как теплоизоляция полотна при строительстве автомобильных и железных дорог.

Сотопласты — пластмассы, получаемые горячим прессованием предварительно пропитанных полимерными связующими (фенолформальдегидными, эпоксифенольными и др.) листов бумаги, стеклоткани, древесного шпона, металлической фольги и др. Сотопласты имеют строение, имитирующее пчелиные соты. Ячейки могут быть в виде шестиугольника, квадрата, круга, и др.; пустые или заполненные теплоизоляционными материалами. Сотопласты при низкой средней плотности (30...140 кг/м³) обладают достаточной прочностью — 1...6 МПа. Применяются они в качестве среднего слоя в трехслойных ограждающих панелях. Огнестойкость сотовых конструкций повышают пропиткой антипиренами.

3.2. Изучение акустических материалов

Звукопоглощающие материалы – снижают энергию звуковых волн и снижают уровень шума. В зависимости от коэффициента звукопоглощения разделяются на три класса, сходны с теплоизоляционными материалами, но должны иметь открытую пористость; а также дополнительно могут иметь перфорацию. Основные виды: плиты звукопоглощающие облицовочные минераловатные на крахмальном связующем "Акминит", "Акмигран"; плиты звукопоглощающие из ячеистых бетонов "Силапор"; листы (панели) гипсовые обшивочные (штукатурка гипсовая сухая); плиты звукопоглощающие гипсовые литые; плиты акустические на основе минеральной ваты и синтетического связующего; плиты минераловатные на битумном связующем; плиты полужесткие из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем; маты минераловатные прошивные; маты из базальтового штапельного супертонкого волокна; алюминиевые покрытия; акустические гипсовые перфорированные плиты; асбестоцементные плиты перфорированные; древесноволокнистые плиты, войлок; пенопласты.

Звукопоглощающие минераловатные плиты. Имеют жесткий скелет и сквозную пористость, таким плитам придают желобчатую, трещиноватую или ноздреватую фактуру.

Акмигран — декоративно-акустические плиты. Получают из гранулированной минеральной ваты, крахмала и бетонитовой глины.

Акминит — аналог акмиграну, но вместо бетонита добавляют каолинит; такие материалы могут выпускаться с пигментными добавками, для повышения водостойкости могут вводить ПВА. Поверхность имеет фактуру в виде неправильных трещин, которые имитируют поверхность выветрившегося известняка.

Акустические бетоны и растворы. Заполнитель – пористый, определённых фракций; вяжущее – обычные и цветные цементы, жидкое стекло.

Гипсовые акустические плиты могут армировать стекловолокном; со сквозной перфорацией и могут обклеиваться с обратной стороны фольгой. Используются в основном для навесных потолков.

Силакпор — изделие из ячеистого бетона специальной структуры различных цветов. Может выполняться с перфорацией.

Асбестоцементные акустические плиты (экраны). Имеют высокую прочность на изгиб, несгораемые, могут окрашиваться в любой цвет, выпускаются с перфорацией.

Керамические плиты и блоки получают из керамической крошки и жидкого стекла. Применяют для вентиляционных каналов ($t < 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Поропласты.

Часто в промышленности и общественных зданиях применяют *штучные звукопоглотители*, которыми заполняют места, недалеко от источника шума (кубы, призмы, конусы и т.д.).

Звукоизоляционные материалы – применяют для изоляции помещения от распространения материального или ударного переноса звука. Эти материалы чаще всего находятся в виде прокладки слоев в конструкциях. Изготавливаются из материалов с небольшим модулем упругости (т.е. обеспечивают низкую скорость распространения звука).

Основные виды:

- Минероловатные и стекловатные изделия.
- Асбестокартонные и асбестоцементные плиты.
- Полиуретан.
- Мягкие древесноволокнистые плиты.
- Изделия из натуральной пробки, производственной резины, синтепона.
- Засыпки из песка, керамзита, шлаков и т.д.

На основании полученных сведений, пользуясь методическими указаниями и коллекцией, требуется составить сравнительную характеристику основных видов теплоизоляционных материалов в виде табл.3.1.

Таблица 3.1. — Сравнительная характеристика основных видов теплоизоляционных материалов

материал	сырье	структура	Основные свойства			Вид, свойства, особенности применения
			плотность, кг/м ³	теплопроводность, Вт/(м·К)	температура эксплуатации, °С	

4. ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Металлы, как строительные материалы, обладают целым комплексом ценных свойств — большой прочностью, пластичностью, свариваемостью, выносливостью; способностью упрочняться и улучшать другие свойства при термомеханических и химических воздействиях. В чистом виде металлы, вследствие недостаточной прочности, твердости и высокой пластичности, применяются редко. Главным образом они используются в виде сплавов с другими металлами и неметаллами. Сплавами называют вещества, полученные преимущественно сплавлением нескольких металлов или металлов с неметаллами. Сталь — сплав железа с углеродом, является основным конструкционным материалом, применяемым в строительстве.

1. Определение твёрдости и прочности стали

Твёрдость является одним из основных механических свойств любого конструкционного материала. Под твердостью понимают способность материала сопротивляться внедрению в его поверхность твердого тела — *индентора*. Испытание металлов на твёрдость получило широкое распространение в промышленности. По значению твёрдости можно судить о механической прочности и износостойкости металлов и сплавов. Кроме того, твёрдость имеет самостоятельное значение как показатель обрабатываемости металла. В качестве индентора при испытании на твердость металла используют закаленный стальной шарик или алмазный наконечник в виде конуса или пирамиды. При вдавливании поверхностные слои материала испытывают значительную пластическую деформацию. После снятия нагрузки на поверхности остается отпечаток. Твердость характеризует сопротивление материала пластической деформации, такое же сопротивление оценивает и предел прочности. Поэтому для целого ряда материалов численные значения твердости и временного сопротивления пропорциональны. Для измерения твердости металлов наиболее часто применяются методы Бринелля, Виккерса и Роквелла.

Материалы и оборудование: твердомер ТШ (метод Бринелля), твердомер ТК (метод Роквелла), образцы отожжённых углеродистых сталей.

Выполнение работы.

Твердость по Бринеллю.

При стандартном методе измерения твердости (ГОСТ 9012-59) в поверхность материала вдавливают закаленный стальной шарик диаметром 10, 5 или 2.5 мм при действии нагрузки от 5000 Н до 300000 Н. После снятия нагрузки на поверхности остается отпечаток в виде сферической лунки диаметром d (рис.4.1). Диаметр лунки измеряют лупой, на окуляре которой нанесена шкала с делениями, или микроскопом. Число твердости по Бринеллю HB определяют путем деления нагрузки P на площадь поверхности сферического отпечатка:

$$HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2.13)$$

где P - нагрузка, Н;

d - диаметр отпечатка, мм,

D — диаметр вдавливаемого шарика, мм.

Число твердости по Бринеллю записывают без единиц измерения.

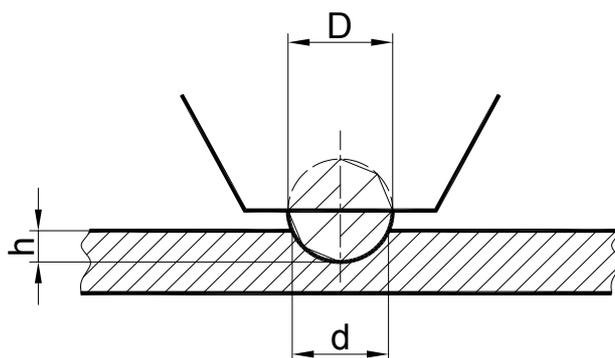


Рисунок 4.1 – Определение твердости по Бринеллю

Нагрузка на шарик при испытании должна быть в пределах от 18,75-300 Н, определяется ожидаемой твёрдостью образца и диаметром применяемого шарика. Она вычисляется по формуле:

$$P = KD^2 \quad (2.14)$$

где P – нагрузка, Н;

K – коэффициент;

D – диаметр шарика, мм.

Коэффициент K берётся равным от 2,5 до 30 в зависимости от твёрдости металлов.

Выбор размера шарика определяется толщиной испытуемого образца и его ожидаемой твёрдостью. Для чёрных металлов диаметр шарика выбирают в пределах от 5 до 10 мм, а коэффициент K равным 30.

Между числом твёрдости по Бринеллю (HB) и пределом прочности на растяжение (σ_B) существует приближённая зависимость:

$$\sigma_B = RHB, \quad (2.15)$$

где R для стали с $HB < 175$ составляет 0,34, а для стали с $HB > 175$ - 0,36. Наличие этой зависимости позволяет в ряде случаев использовать метод Бринелля для приближённого определения предела прочности металлов, не прибегая к сложным испытаниям на растяжение. На практике при измерении твердости расчет по указанной выше формуле не производят, а используют заранее составленные таблицы, указывающие значение HB в зависимости от диаметра отпечатка и выбранной нагрузки. Чем меньше диаметр отпечатка, тем выше твердость материала.

Способ измерения по Бринеллю не является универсальным. Его используют для материалов малой и средней твердости: сталей с твердостью $\leq 450 HB$, цветных металлов с твердостью $\leq 200 HB$ и т.п.

Твердость по Виккерсу.

При стандартном методе измерения твердости (ГОСТ 2999-75) в поверхность образца вдавливают четырехгранную алмазную пирамиду с углом при вершине 136° . Отпечаток получается в виде квадрата, диагональ которого d измеряют после снятия нагрузки, число твердости вычисляют по формуле:

$$HV = 0.189 \cdot P/d^2, \quad (2.16)$$

На практике число твердости определяют по специальным таблицам по значению диагонали отпечатка при выбранной нагрузке.

Метод Виккерса применяют главным образом для материалов, имеющих высокую твердость, а также для испытания на твердость деталей малых сечений или тонких поверхностных слоев (чем тоньше сечение детали или исследуемый слой, тем меньше выбирают нагрузку). Числа твердости по Бринеллю и Виккерсу для материалов, имеющих твердость до 450 HB, практически совпадают.

Твердость по Роквеллу.

Этот метод измерения твердости (ГОСТ 9013-59) наиболее универсален и наименее трудоемок. Значение твердости по Роквеллу фиксируется непосредственно стрелкой индикатора по шкале твердомера, при этом отпадает необходимость в оптическом измерении размеров отпечатка. Число твердости зависит от глубины вдавливания наконечника. В качестве индентора используют алмазный конус с углом при вершине 120° или стальной шарик диаметром 1.5888 мм. Нагрузку выбирают в зависимости от материала наконечника. Для различных комбинаций нагрузок и наконечников прибор Роквелла имеет три измерительные шкалы: А, В, С.

Внутренняя, красного цвета шкала "В" используется при испытании шариком, а величина твердости обозначается индексом HRB . Наружная, чёрного цвета шкала "С" совмещена со шкалой "А" и обе они используются при испытании алмазным конусом. Величина твердости обозначается HRC и HRA соответственно.

Твёрдость по Роквеллу измеряется в условных единицах и число твёрдости является отвлечённым. За единицу твёрдости принято внедрение в испытуемый образец алмазного конуса или шарика на глубину 0,002 мм.

2. Изучение микроструктуры стали

Методами исследования структуры металлов является макроскопический и микроскопический анализы. Макроскопический анализ представляет собой изучение структуры металла невоору-

жённым глазом или с помощью лупы при увеличении до 30 раз. При микроскопическом анализе структура металла исследуется при больших увеличениях с помощью специальных металлографических микроскопов. Микроскоп позволяет рассматривать предмет в отражённом свете.

В микроскопе рассматриваются микрошлифы – специальные образцы металла, имеющие полированную поверхность, отражающую световые лучи.

Материалы и оборудование: станок для шлифовки и полировки шлифов, микроскопы МИМ-6, МПБ-2, реактив для травления микрошлифов, образцы отожжённых углеродистых сталей.

Выполнение работы. Микроскопический анализ состоит из следующих операций: приготовление шлифов, травление шлифов, исследование структуры металлов и сплавов под микроскопом. Структура – взаимное расположение фаз в сплаве, их форма и размеры. Структурные составляющие сплава – обособленные части сплава, имеющие одинаковое строение и характерные свойства. Шлифование проводят последовательно шлифовальной бумагой с уменьшающимся размером зерна. Шлифование на взятой бумаге нужно проводить только в одном направлении. При переходе на бумагу другого номера шлифовать следует в направлении, перпендикулярном рискам, оставшимся после шлифования на предыдущей бумаге. На последнем номере бумаге необходимо полностью удалить видимые риски. Шлиф промыть водой. Для удаления мелких рисков образец после шлифования полируют на вращающемся круге с натянутым полировальным материалом (фетр, тонкое сукно и др.). Полировальный материал периодически поливают водой с абразивным веществом (окись алюминия, окись железа, окись хрома и др.). Полирование считается законченным, когда поверхность образца приобретает зеркальный блеск и под микроскопом не видны риски и царапины. Шлиф промывают водой и просушивают фильтровальной бумагой. Травление шлифов необходимо для выявления структуры металла. Нетравленный полированный шлиф металла под микроскопом имеет вид светлого круга. При травлении отдельные части зерна, различные структурные составляющие травятся по-разному. Те составляющие структуры, которые протравятся сильнее, образуют на поверхности шлифа впадины. При попадании луча на такую впадину, он отражается в сторону и не попадает в объектив и в глаз наблюдателя. Это место будет казаться тёмным пятном. Наиболее распространённым реактивом для травления углеродистых сталей и чугунов является 4%-ный раствор азотной кислоты в спирте. В этот раствор погружают отполированной поверхностью микрошлиф на 4-6 секунд. Затем шлиф промывают водой, просушивают фильтровальной бумагой и просматривают под микроскопом. Если структура выявлена неотчётливо, шлиф травят дополнительно. В случае же если структура сильно затемнена, производят повторную полировку и травление.

Металлографический микроскоп МИМ-6 состоит из оптической, осветительной (с фотографической аппаратурой) и механической систем. Набор объективов и окуляров прибора даёт возможность получать общее увеличение до 1425^x при визуальном наблюдении и до 1500^x при фотографировании.

Микрошлиф устанавливают на предметный столик вниз поверхностью, подготовленной для исследования, и наводят на фокус для получения чёткого изображения.

Для изучения сплавов и последующего практического использования строят диаграммы состояния. На диаграмме состояния по вертикальной оси откладывают температуры, по горизонтальной оси — содержание компонентов.

Диаграммы дают в сжатой наглядной форме картину изменения строения и свойства сплавов при изменении температуры и концентрации. Основой для определения фаз и структурных составляющих железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии является диаграмма железо-цементит (рис.4.2).

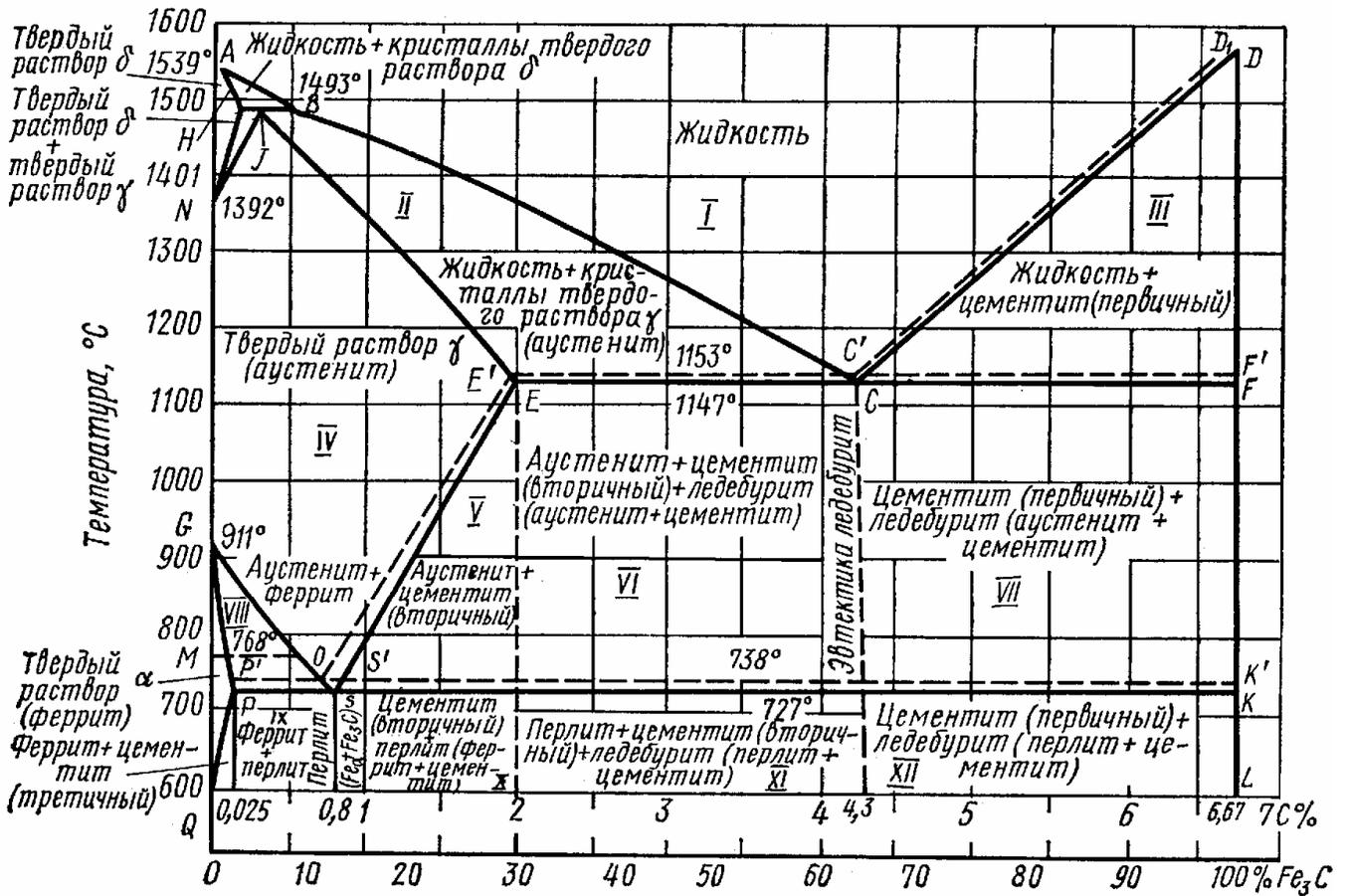


Рисунок 4.2 – Диаграмма железо-цементит

Структурными составляющими углеродистой стали после её полного отжига являются следующие структуры. В зависимости от содержания углерода и температуры в системе железо - углерод наблюдаются однофазные структуры образования - жидкий сплав углерода и железа, твердые растворы углерода в железе - феррит и аустенит, химическое соединение железа и углерода - цементит, структурно свободный углерод - графит, а также двухфазные структурные составляющие - перлит и ледебурит.

Феррит (Ф) - твердый раствор внедрения углерода в α-железе, имеет ОЦК решетку. Максимальная растворимость углерода в α-железе при температуре 727°C составляет 0,02%. Феррит магнитен, на диаграмме состояния Fe-C (рис.4.2) занимает область GPQ. Он характеризуется низкой прочностью ($\sigma_b=250$ МПа, $\sigma_{0,2}=120$ МПа) и твердостью (80...100 НВ), высокой пластичностью ($\delta=50\%$, $\psi=80\%$).

Аустенит (А) - твердый раствор внедрения углерода в γ-железе, имеет ГЦК решетку (рис. 1). Предельная растворимость углерода в γ-железе при температуре 1147°C составляет 2,14%. Аустенит немагнитен, на диаграмме состояния Fe-C занимает область AESG. Он имеет твердость 160 НВ при высокой пластичности ($\delta=40...50\%$), низкий предел текучести.

Цементит (Ц) - химическое соединение железа с углеродом (карбид железа Fe₃C), содержит 6,67% С. Цементит имеет сложную ромбическую решетку с плотной упаковкой атомов. Температура плавления цементита не установлена и принимается равной 1252°C. Цементит характеризуется высокой твердостью (>800НВ) и очень низкой пластичностью. Он является метастабильной фазой и при нагреве распадается с выделением свободного графита. В зависимости от условий образования различают цементит первичный (Ц_I), который образуется из жидкости при затвердевании расплава, вторичный (Ц_{II}) - образуется при распаде аустенита и третичный (Ц_{III}) - образуется при выделении углерода из феррита.

Перлит (П) - двухфазная (эвтектоидная) механическая смесь феррита и цементита, содержащая 0,83% С, образуется при 727 °С в результате распада аустенита в процессе его охлаждения. Перлит может быть пластинчатым (состоящим из чередующихся пластинок цементита и феррита) и зернистым, что определяет механические свойства перлита. При комнатной температуре зернистый перлит имеет прочность $\sigma_B=800$ МПа, пластичность $\delta=15\%$, твердость 160...200 НВ.

Ледебурит (Л) - двухфазная (эвтектическая) механическая смесь аустенита и цементита. Образуется в результате кристаллизации жидкого расплава, содержащего 4,3% С при температуре 1147 °С. Твердость ледебурита 600...700 НВ. Он очень хрупок. Так как при температуре ниже эвтектоидной (727 °С) аустенит превращается в перлит, то ледебурит ниже эвтектоидной прямой РК состоит из цементита и перлита.

В зависимости от содержания углерода железоуглеродистые сплавы делят на техническое железо (содержание углерода от 0 до 0,02%), стали (от 0,02 до 2,14%) и чугуны (от 2,14 до 6,67%). Стали, в свою очередь, делят на доэвтектоидные ($C < 0,8\%$), эвтектоидные ($C = 0,8\%$) и заэвтектоидные ($C > 0,8\%$). Доэвтектоидные стали используются преимущественно в качестве конструкционных, эвтектоидные и заэвтектоидные – в качестве инструментальных материалов. Структура доэвтектоидных сталей (рис. 4.3) состоит из феррита (белые включения) и перлита (темные включения). С увеличением содержания углерода количество перлита увеличивается, а феррита - уменьшается. Структура эвтектоидной стали (рис. 4.4) на 100% состоит из перлита, а заэвтектоидной (рис. 4.5) - из перлита (темные участки) и цементита (светлые участки в виде сетки по границам зерен).

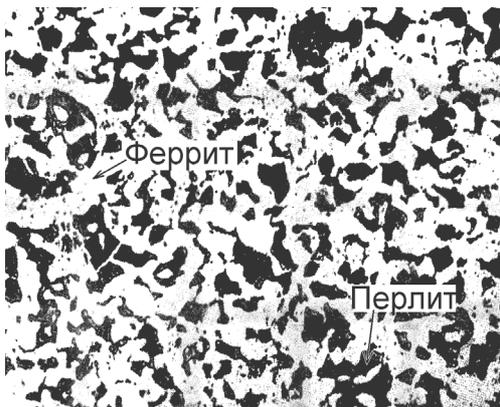


Рисунок 4.3 – Структура доэвтектоидной стали (0,3%С) ($\times 200$).

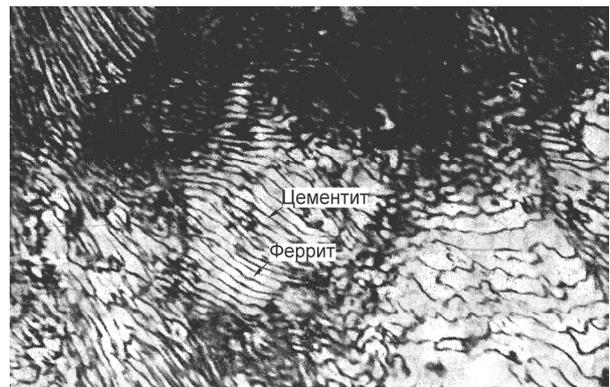


Рисунок 4.4 – Структура эвтектоидной стали с пластинчатым перлитом ($\times 2000$).

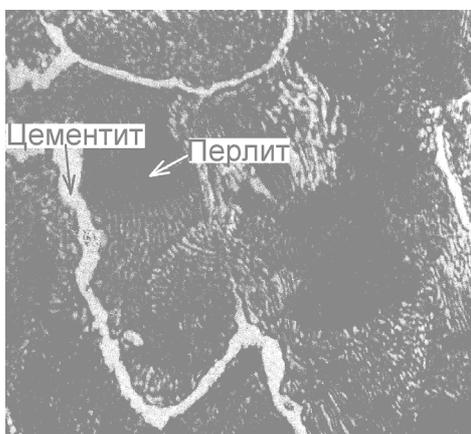


Рисунок 4.5 – Структура заэвтектоидной стали (1,2%С) ($\times 200$).

На диаграмме состояния представлены так называемые белые чугуны, в которых весь углерод находится в связанном состоянии в составе цементита. Эти чугуны в зависимости от содержания углерода и структуры классифицируют на доэвтектические (массовая доля углерода меньше 4,3%), эвтектические (массовая доля углерода равна 4,3%) и заэвтектические (массовая доля углерода 4,3...6,67%). Они практически не поддаются обработке резанием и используются для последующего передела в сталь или ковкий чугун.

Площадь, занимаемую той или иной структурой составляющей, можно с достаточной точностью определить на глаз. Поскольку в доэвтектоидных сталях углерод почти полностью входит в состав перлита, на основании найденной площади перлита можно вычислить содержание углерода в стали. Например, если площадь перлита занимает примерно 40% всей площади, то содержание углерода в стали может быть определено из пропорции:

$$\begin{aligned} 100\% \text{ перлита} &- 0,8\%C \\ 40\% \text{ перлита} &- x\%C \\ \text{откуда } x &= \frac{40 \times 0,8}{100} \approx 0,3\%C \end{aligned}$$

Порядок проведения исследования:

1. Определить твёрдость и прочность образцов из углеродистой стали.
2. Провести микроскопический анализ стали, зарисовать и описать микроструктуру. Определить содержание углерода и марку стали.
3. Вычертить часть диаграммы $Fe - Fe_3C$ и указать местоположение исследуемых сплавов.
4. Построить график зависимости твёрдости и прочности стали от содержания в ней углерода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М. Строительные материалы: Учеб. для вузов.— М.: Стройиздат, 1986.— 688 с.
2. Киреева Ю.И., Лазаренко О.В. Строительные материалы и изделия.— Мн.: Дизайн ПРО, 2001.— 272 с.
3. Комар А.Г., Баженов Ю.М., Сулименко Л.М. Технология производства строительных материалов.— М.: «Высшая школа», 1990.— 446 с.
4. Попов К.Н., Шмурнов И.К. Физико-механические испытания строительных материалов: Учеб. для подгот. рабочих на пр-ве— М.: Высш. школа, 1989.— 239 с.
5. Попов Л.Н. Лабораторные испытания строительных материалов: Учеб. пособие.— М.: Высш. школа, 1984.— 168 с.
6. Общий курс строительных материалов: Учеб. пособие для строит. спец. вузов / И.А. Рыбьев, Т.И. Арефьева, Н.С. Баскаков и др.; Под. ред. И.А. Рыбьева.— М.: Выш. школа, 1987.— 584 с.
7. Строительные материалы: Учеб. для вузов / В.Г. Микульский, В.Н. Куприянов, Г.П. Сахаров и др.; Под. ред. В.Г. Микульского.— М.: Изд. АСВ, 2000.— 536 с.
8. Строительные материалы: Справочник / Под общ. ред. Е.Н. Штанова.— Нижний Новгород: Изд. «Вента-2», 1995.— 230 с.
9. Чубуков В.Н., Основин В.Н., Шуляков Л.В. Строительные материалы и изделия.— Мн.: Дизайн ПРО, 2000.— 240 с.

ТНПА ПО ИСПЫТАНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции
СНБ 5.05.01-2000 Деревянные конструкции
СТБ 4.212-98 Система показателей качества продукции. Строительство. Бетоны. Номенклатура показателей
СТБ 1035-96 Смеси бетонные. Технические условия
СТБ 1093-97 Пергамин кровельный. Технические условия
СТБ 1107-98 Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные на битумном и битумо-полимерном вяжущем. Технические условия
СТБ 1112-98. Добавки для бетонов. Общие технические условия.
СТБ 1114-98 Вода для бетонов и растворов. Технические условия
СТБ 1182-99 Бетоны. Правила подбора состава
СТБ 1263-2001 Композиции защитно-отделочные строительные. Технические условия
СТБ 1307-2002. Смеси растворные и растворы строительные. Технические условия
СТБ 1322-2002 Блоки теплоизоляционные из пеностекла
СТБ 1338-2002 Пенопласты жесткие пеноуретановые и полиизоциануратные. Технические условия
СТБ 1451-2004 Изделия профильные из поливинилхлорида для наружной и внутренней отделки зданий
СТБ 1544-2005. Бетоны конструкционные тяжелые. Технические условия
СТБ 8267-93. Щебень и гравий из плотных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Технические условия
ГОСТ 2678-94 Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний
ГОСТ 4598-86 Плиты древесноволокнистые. Технические условия
ГОСТ 5802-86 Растворы строительные. Методы испытаний.
ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний
ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия
ГОСТ 8269-97. Щебень и гравий из плотных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний
ГОСТ 9573-96 Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные
ГОСТ 10178-90. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия
ГОСТ 10181.1-81 Смеси бетонные. Общие требования к методам испытаний
ГОСТ 10181.1-81 Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости.
ГОСТ 10181.2-81 Смеси бетонные. Метод определения плотности
ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам
ГОСТ 10632-89 Плиты древесностружечные. Технические условия.
ГОСТ 10923-93 Рубероид. Технические условия
ГОСТ 11501-78 Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы
ГОСТ 11505-75 Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости
ГОСТ 11506-73 Битумы нефтяные. Метод определения размягчения по кольцу и шару на приборе «Кольцо и шар»
ГОСТ 15588-86 Плиты пенополистирольные. Технические условия
ГОСТ 18105-86 Бетоны. Правила контроля прочности
ГОСТ 24748-2003 Изделия известково-кремнеземистые теплоизоляционные. Технические условия
ГОСТ 25328-82 Цемент для строительных растворов. Технические условия
ГОСТ 30515-97. Цементы. Общие технические условия
ГОСТ 30547-97. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Общие технические условия

Учебное издание

*Шалобьта Татьяна Петровна
Марчук Виталий Алексеевич*

ИСПЫТАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Лабораторный практикум

Часть II

для студентов строительных специальностей

Ответственный за выпуск: Шалобьта Т.П.

Редактор: Т.В. Строкач

Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.

Корректор: Е.В. Никитчик

Подписано к печати 22.11.2005 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Снегурочка». Гарнитура Arial Narrow. Усл. п. л. 4,2. Уч.-изд. л. 4,5. Тираж 200 экз. Заказ № 1142. Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, Брест, ул. Московская, 267.