



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра технологии  
вяжущих веществ и бетонов

# ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИМЕРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания  
к практическим занятиям и самостоятельной работе  
для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство

Составители:  
М.Г. Бруяко, Л.С. Григорьева

© Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет, 2020

Москва  
Издательство МИСИ – МГСУ  
2020

СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 691.3  
ББК 38.3  
Т38

*Рецензент* — кандидат технических наук *В.А. Ушков*,  
заведующий лабораторией НИЛ СКСМ

**Т38**      **Технология полимерных строительных материалов** [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство / сост. : М.Г. Бруяко, Л.С. Григорьева ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра технологий вяжущих веществ и бетонов. – Электрон. дан. и прогр. (0,5 Мб). – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. – Режим доступа: [http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r\\_91/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS](http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS). – Загл. с титул. экрана.

Представлены методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Основы технологии полимерных строительных материалов». Приведен теоретический материал по темам: «Полимерные строительные материалы», «Материалы для полов», «Материалы для стен», «Кровельные и гидроизоляционные материалы», «Тепло- и звукоизоляционные материалы», «Трубы», «Клеи, мастики». Каждая тема сопровождается контрольными вопросами, которые позволяют лучше усвоить изучаемый материал.

Для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль подготовки «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций» (квалификация бакалавр), для всех форм обучения.

*Учебное электронное издание*

© Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет, 2020

Редактор, корректор *М.Л. Манзюк*  
Компьютерная верстка *А.Г. Сиволобовой*  
Дизайн первого титульного экрана *Д.Л. Разумного*

*Для создания электронного издания использовано:*  
Microsoft Word 2013, Adobe InDesign CS6, ПО Adobe Acrobat.

Подписано к использованию 26.02.2020. Объем данных 0,5 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»  
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.  
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.  
E-mail: [ric@mgsu.ru](mailto:ric@mgsu.ru), [rio@mgsu.ru](mailto:rio@mgsu.ru)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ .....	5
МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОЛОВ .....	9
МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТЕН. КРОВЕЛЬНЫЕ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	11
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ.....	15
ТРУБЫ .....	17
КЛЕИ, МАСТИКИ .....	19
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	20

# ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

## Основные понятия

Высокомолекулярные соединения (ВМС) получили свое название вследствие большой величины их молекулярной массы (более 5000). Молекулы ВМС называют макромолекулами.

Макромолекулы большинства высокомолекулярных соединений построены из одинаковых, многократно повторяющихся групп атомов — *элементарных звеньев*, например:



Такие высокомолекулярные соединения называют полимерами.

Низкомолекулярные соединения, используемые для синтеза ВМС, называют мономерами.

Отличия высокомолекулярных соединений от низкомолекулярных. С точки зрения химической классификации нет принципиального различия между высокомолекулярными и низкомолекулярными соединениями. Существуют высокомолекулярные углеводороды (каучук), галогенопроизводные (поливинилхлорид), углеводы (целлюлоза, крахмал), спирты, кислоты, сложные эфиры и т.д., которые дают те же характерные реакции, что и соответствующие низкомолекулярные представители этих классов. Наиболее резко отличаются высокомолекулярные соединения от низкомолекулярных своими физическими свойствами.

Следует отметить, что даже разбавленные растворы высокомолекулярных соединений обладают очень большой вязкостью, значительно превосходящей вязкость концентрированных растворов низкомолекулярных соединений. Высокомолекулярные вещества растворяются гораздо медленнее, чем низкомолекулярные, кроме того, их растворению предшествует набухание. Некоторые высокомолекулярные соединения не растворяются ни в каких растворителях. При удалении растворителя из растворов высокомолекулярных веществ образуются не кристаллы, как это происходит с низкомолекулярными соединениями, а пленки. Изделия из высокомолекулярных веществ отличаются особыми механическими свойствами, которые зависят от величины, гибкости, формы, строения и характера взаимного расположения макромолекул, а также от температуры. При приложении нагрузки полная деформация образцов происходит не сразу, как у обычных материалов, а в течение некоторого промежутка времени, это время тем меньше, чем выше температура. У некоторых высокомолекулярных веществ (каучук и другие эластомеры) наблюдаются большие обратимые деформации, во много раз превосходящие упругую деформацию низкомолекулярных материалов.

Многие свойства высокомолекулярных соединений (высокая вязкость растворов, механические свойства, растворение с предварительным набуханием, способность образовывать нити и т.д.) тесно связаны с большой энергией межмолекулярного взаимодействия. Именно резко возрастающая роль межмолекулярных сил является одной из важнейших особенностей высокомолекулярных веществ, качественно отличающей их от низкомолекулярных соединений.

Важной характеристикой полимера является степень полимеризации, которая равняется числу элементарных звеньев в макромолекуле. Между молекулярной массой полимера ( $M$ ) и степенью его полимеризации ( $n$ ) существует следующее соотношение:

$$n = M/m,$$

где  $m$  — молекулярная масса элементарного звена.

В соответствии с законами статистической физики при образовании большого числа макромолекул из мономерных единиц количество последних (в общем случае) не одинаково для всех макромолекул, то есть полимеры полидисперсны, они почти всегда представляют собой смесь макромолекул, составленных из одних и тех же звеньев, но отличающихся друг от друга степенью полимеризации. Полидисперсность (полимолекулярность) — одно из важнейших свойств, отличающих полимеры от низкомолекулярных веществ, которые монодисперсны (все молекулы одинаковы). Ряд макромолекул, у которого все члены построены из одних и тех же элементарных звеньев, называется полимергомологическим рядом, а отдельные представители ряда — полимергомологами. В таком ряду гомологическая разность равняется молекулярной массе элементарного звена.

У полимергомологического ряда высокомолекулярных соединений, где относительное значение гомологической разности составляет уже долю процента, физические свойства соседних членов ряда настолько сближаются, что разделение таких полимергомологов невозможно (по крайней мере, в настоящее время не известны методы, пригодные для этой цели). В лучшем случае полимергомологическая смесь может быть разделена на узкие фракции, более однородные по степени полимеризации, чем исходная смесь.

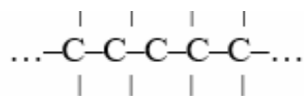
Таким образом, даже тщательно очищенные полимеры почти всегда представляют собой смесь веществ. В связи с этим понятие «химически чистое» в химии высокомолекулярных соединений приобретает другой смысл, отличный от толкования, которое придается этому выражению при рассмотрении низкомолекулярных веществ. Необходимо, однако, подчеркнуть, что речь идет не о любой смеси, а только о смеси полимергомологов одного и того же ряда.

Поскольку высокомолекулярные соединения представляют собой смесь, теряет свой смысл в применении к ним также и привычное понятие «молекулярная масса» — его заменяют выражением «средняя молекулярная масса». Здесь масса является уже не константой, однозначно определяющей индивидуальные свойства данного соединения, а среднестатистической величиной.

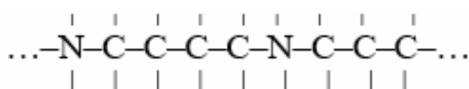
В отличие от низкомолекулярных соединений, для которых известны три агрегатных состояния: твердое, жидкое, газообразное, для высокомолекулярных соединений известны только два агрегатных состояния — твердое и жидкое. Это связано с большой энергией сил межмолекулярного взаимодействия.

**Классификация высокомолекулярных соединений.** Полимеры в зависимости от происхождения подразделяются на синтетические, полученные путем синтеза из мономеров, природные, выделенные из природных материалов, и искусственные, полученные путем химической модификации природных полимеров. По составу основной цепи полимеры делятся на три класса:

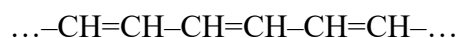
1. Карбоцепные полимеры — соединения, основная цепь которых построена из одинаковых атомов углерода:



2. Гетероцепные полимеры — высокомолекулярные соединения, в основной цепи которых, кроме атома углерода, содержатся и другие атомы, например кислород, азот, сера, кремний:



3. Полимеры с сопряженной системой связей, например:



Кроме того, по строению основной цепи полимеры могут быть линейные, разветвленные и пространственные (сетчатые).

Макромолекулы разветвленных полимеров имеют вид длинных цепей с боковыми ответвлениями, число, длина и взаимное расположение которых могут меняться в широких пределах, оказывая существенное влияние на свойства полимеров.

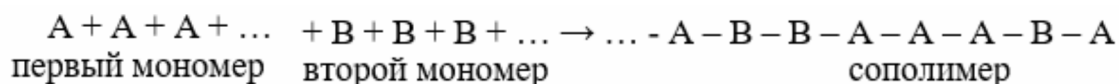
Пространственные полимеры обычно состоят из макромолекулярных цепей, соединенных между собой либо непосредственно при помощи поперечных (мостиковых) химических связей, либо «мостиков», представляющих собой отдельные атомы или группы их. В образце пространственного полимера невозможно различить отдельные молекулы, так как все атомы его соединены между собой в единую трехмерную сетку или частицу, «молекулярная масса» которой совпадает с массой образца. Поэтому такие полимеры часто называют сетчатыми. У этих полимеров понятие «молекулы» теряет свой обычный смысл и приобретает известную условность. Вследствие наличия прочной химической связи между цепями, исключающей их взаимное перемещение, сетчатые полимеры не могут быть переведены в жидкое состояние без разрушения их структуры. В зависимости от харак-

тера размещения элементарных звеньев в макромолекулярной цепи различают регулярные и нерегулярные полимеры.

Степень нарушения регулярности может оказаться и очень небольшой, и значительной.

Регулярность строения отражается на механических, физических и других свойствах полимеров, так как при регулярном строении гораздо легче достигаются плотная упаковка макромолекул и максимальное сближение цепей; тем самым обеспечивается наиболее эффективное действие межмолекулярных сил.

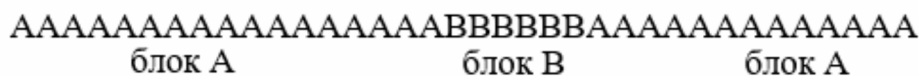
На практике очень широко используются сополимеры, блоксополимеры и привитые сополимеры, совмещающие в одной макромолекуле свойства различных полимеров. У обычных сополимеров это совмещение достигается тем, что при самом синтезе высокомолекулярного соединения применяются вместо одного вида мономера два, три и т.д. Полученная таким образом макромолекула будет состоять из элементарных звеньев нескольких видов:



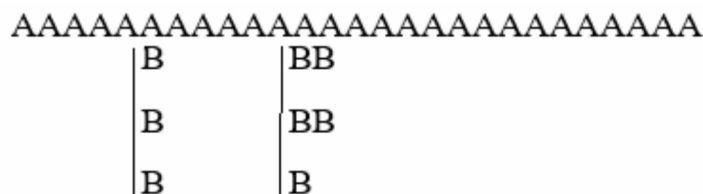
В большинстве случаев не удастся добиться правильного чередования элементарных звеньев в таких сополимерах, и поэтому они, как правило, имеют нерегулярное строение.

Блоксополимеры и привитые сополимеры синтезируют из готовых полимеров, в том числе природных, при помощи специальных реакций. В то время как макромолекулярная цепь блоксополимеров составлена из отдельных «блоков» различных полимеров, цепь привитых сополимеров состоит из одинаковых элементарных звеньев, но к ней «привиты» в виде боковых ответвлений цепи другого полимера. «Ствол» макромолекулы привитого сополимера построен из мономерных остатков одного полимера, а «ветки» — из остатков другого.

Блоксополимер:



Привитой сополимер:



А — основная цепь («ствол»), В — привитые цепи («ветки»).

Свойства различных видов сополимеров зависят от соотношения, природы и характера чередования мономерных остатков в макромолекуле, от длины и числа разветвлений и т.д.

В технологии высокомолекулярных соединений полимеры делят на термопластичные и термоактивные.

Термоактивные при нагревании переходят в неплавкие и нерастворимые материалы, а термопластичные при нагревании плавятся и растворимы.

Термоактивные полимеры по строению основной цепи — сетчатые полимеры, а термопластичные — линейные и разветвленные.

Для синтеза высокомолекулярных соединений из мономеров применяются два метода — полимеризация и поликонденсация (табл. 1). В то время как полимеризация является по существу частным случаем реакции присоединения, поликонденсация может быть рассмотрена как реакция замещения.

Развитие промышленности строительных материалов на основе пластмасс базируется на применении синтетических полимеров, получаемых методами полимеризации и поликонденсации.

## Сравнительная характеристика реакций полимеризации и поликонденсации

Реакция полимеризации	Реакция поликонденсации
Молекула мономера содержит кратные связи или неустойчивый цикл	Молекула каждого мономера содержит не менее двух функциональных групп
Реакция протекает без образования существенных количеств побочных продуктов	Продукты реакции содержат низкомолекулярные побочные продукты (вода, аммиак, HCl и др.)
Полимер и мономер имеют один и тот же элементный состав	Элементный состав полимера иной, чем мономера
Полимеризация — необратимый процесс	Поликонденсация имеет обратимый равновесный характер

Пластическими массами называют материалы, в состав которых входят полимеры. Эти вещества придают пластическим массам на определенной стадии их переработки пластичность, то есть способность принимать требуемую форму и сохранять ее после снятия давления. Природные полимеры, а также синтетические полимеры, которые часто не совсем правильно называют смолами, являются основой пластических масс. Их применяют в сочетании с пластификаторами, наполнителями, стабилизаторами.

Пластификаторы вводят в пластмассу для сообщения ей большей пластичности, если это является необходимым для изделия. Они должны растворять связующее вещество, быть химически инертными и малолетучими. В качестве пластификаторов чаще всего применяют диоктилфталат, хлорпарафин, дибutilфталат и др. Наполнители придают пластмассам требуемые технические свойства, а также снижают их стоимость. Добавление стабилизаторов делает устойчивыми свойства пластмасс или изделий из них на длительный период, в частности препятствует разложению их как в процессе обработки, так и при воздействии атмосферных условий, тепла, света и пр. Катализаторы ускоряют химические процессы твердения пластмасс; для различных пластмасс применяют различные катализаторы. Красители, или пигменты, придают пластмассам определенный цвет. Красители должны обладать живыми тонами, не давать грязноватого цвета, не изменяться с течением времени, а также не выцветать под действием солнечного или электрического света, что особенно важно для отделочных строительных материалов. В качестве красителей применяют как органические, так и минеральные пигменты.

Весьма ценными свойствами пластических масс являются малый вес, легкость обработки. Низкая теплопроводность, малая истираемость, высокая химическая стойкость, как и прочностные характеристики, являются положительными качествами пластмасс. Ценным качеством является и способность окрашиваться в различные цвета, причем хорошая окрашиваемость не только поверхности, но и по всей толщине изделия дает возможность избегать периодических покрасок.

Наряду с положительными качествами существуют и отрицательные: низкий уровень теплостойкости, малая поверхностная прочность, высокий коэффициент термического расширения, повышенная ползучесть, горючесть, токсичность некоторых пластмасс.

**Пример.** Для полученных модифицированных композиций на основе форполимера ФРВ-1 провели определение кислотного числа методом нейтрализации. На титрование образца 1 израсходовано 20,46 мл КОН, образца 2 — 4,32 мл, образца 3 — 3,20 мл, образца 4 — 1,95 мл, образца 5 — 1,68 мл, образца 6 — 0,64 мл. Проанализировать данные по изменению кислотного числа образцов при использовании вспенивающего-отверждающего агента (ВАГ-3) и сделать вывод о влиянии вспенивающего-отверждающего агента на коррозионную активность форполимера.

*Решение.* Получение резольных фенольных пенопластов основано на использовании кислотного катализатора. Сильные минеральные кислоты в настоящее время практически не применяют для этой цели из-за высокой коррозионной активности получаемых пенофенопластов. Поэтому предпочтение отдают органическим сульфокислотам, в частности *n*-фенолсульфокислоте. Однако и при использовании органических сульфокислот кислотное число пенофенопластов достигает 30 мг КОН/г. Повышенная коррозионная активность резольных пенофенопластов (рН = 4...5) препятствует их использованию для безканальной прокладки трубопроводов. Корродирующее действие пенофено-



пластов усиливается во влажной среде и при повышенных температурах, так как в этом случае при конденсации влаги на поверхности контакта пенопласта с металлом создаются благоприятные условия для развития процесса коррозии.

Рассчитаем кислотное число (КЧ) для каждого образца по формуле

$$KЧ = (aT1000)/g \text{ (мг КОН/г)},$$

где  $a$  — объем 0,5 н КОН, пошедшего на титрование навески, мл;  $g$  — навеска, г;  $T$  — титр раствора КОН с учетом поправки к титру. Занесем полученные данные в табл. 2.

Таблица 2

Кислотное число

Образец	Кислотное число, мг КОН/г продукта
Образец 1 (ВАГ-3)	229,56
Образец 2 (ФРВ-1:ВАГ-3 = 2:1)	48,47
Образец 3 (ФРВ-1:ВАГ-3 = 3:1)	35,30
Образец 4 (ФРВ-1:ВАГ-3 = 4:1)	21,88
Образец 5 (ФРВ-1:ВАГ-3 = 5:1)	18,85
Образец 6 (ФРВ-1)	7,18

Образец 1:  $KЧ = (20,46 \cdot 0,0056 \cdot 1000) / 0,5000 = 229,56$  мг КОН/г.

Образец 2:  $KЧ = (4,32 \cdot 0,0056 \cdot 1000) / 0,5000 = 48,47$  мг КОН/г.

Образец 3:  $KЧ = (3,20 \cdot 0,0056 \cdot 1000) / 0,5000 = 35,30$  мг КОН/г.

Образец 4:  $KЧ = (1,95 \cdot 0,0056 \cdot 1000) / 0,5000 = 21,88$  мг КОН/г.

Образец 5:  $KЧ = (1,68 \cdot 0,0056 \cdot 1000) / 0,5000 = 18,85$  мг КОН/г.

Образец 6:  $KЧ = (0,64 \cdot 0,0056 \cdot 1000) / 0,5000 = 7,18$  мг КОН/г.

Анализ полученных данных показал, что коррозионная активность пенофенопластов на основе форполимера ФРВ-1 А возрастает с увеличением кислотного числа и содержания продукта ВАГ-3 в исходной композиции (см. табл. 2). Так, например, соотношение ФРВ-1 А и ВАГ-3, равное 4:1, приводит к росту кислотного числа пенопласта с 7,18 до 21,88 мг КОН/г вещества. Увеличение содержания продукта ВАГ-3 в образце 3 приводит к повышению кислотного числа до 65,30 мг КОН/г вещества. Таким образом, увеличение содержания ВАГ-3 в композиции приводит к повышению кислотного числа, а следовательно, и коррозионной активности продукта.

### Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризуйте высокомолекулярные соединения.
2. В чем отличие высокомолекулярных соединений от низкомолекулярных?
3. Классификация полимеров.
4. Полимеры регулярного и нерегулярного строения.
5. Основные методы получения полимеров.
6. В чем заключается отличие реакции полимеризации от реакции поликонденсации?
7. Основные свойства полимеров, получаемых реакцией полимеризации: полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид.
8. Охарактеризуйте термопластичные полимеры.
9. Охарактеризуйте термореактивные полимеры.

## МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОЛОВ

В настоящее время для устройства полов применяют материалы трех видов: рулонные, плиточные материалы и монолитные (бесшовные) покрытия. Полимерные материалы для полов, независимо от вида покрытия, должны быть достаточно прочными как на истирание, так и на ударные воздействия, мало поглощать воду и не набухать при увлажнении, не содержать токсичных примесей и иметь прочную, красивую окраску. Стоимость таких покрытий для полов в настоящее время, не-

смотря на весьма высокую стоимость полимерного сырья, находится на уровне стоимости дощатых полов и значительно ниже, чем паркетных.

**Рулонные материалы.** Линолеумные покрытия, бесшовные или с минимальным количеством швов, очень гигиеничны, легко моются, износоустойчивы, эластичны и долговечны. При правильной настилке и эксплуатации линолеума срок его службы достигает 20...25 лет. Наибольшее применение имеют линолеумы на поливинилхлориде. Промышленностью вырабатывается линолеум трех видов: безосновный, на тканевой основе и специальный теплоизоляционный. Вторым по степени распространенности является алкидный линолеум, ограниченное применение имеют резиновый линолеум (релин) и коллоксилиновый линолеум на основе нитроцеллюлозы.

Технология производства линолеума каждого вида различна, и для нее необходимы особые машины и оборудование. Для производства линолеумов применяется весьма разнообразное сырье — полимерное связующее и большое количество наполнителей: тальк, мел, барит, каолин, асбест, пробка, древесная мука и др. Большая группа химических соединений используется в качестве пластификаторов, стабилизаторов, катализаторов, антипиренов, антисептиков и водоотталкивающих средств, а также многочисленных красителей (пигментов), как минеральных, так и органических, для окраски.

Укладывают линолеум на жесткое, хорошо подготовленное, ровное, чистое и обязательно сухое основание, к которому его приклеивают различными мастиками в зависимости от сорта линолеума и материала основания. В некоторых случаях линолеумы можно укладывать без приклеивающих мастик — насухо, с зажимом плинтусами у стен. Линолеумные полы следует предохранять от ударных воздействий и местных перегрузок.

Поливинилхлоридный линолеум изготавливается из пластической массы, основным компонентом которой является поливинилхлорид. Этот вид линолеума выпускают на тканевой основе или безосновным. Последний может быть одно-, двух- и многослойным. Кроме того, вырабатывается тепло- и звукоизоляционный линолеум на войлочной или пористой основе. Поливинилхлоридный линолеум всех видов обладает большой прочностью при истирании, малотеплопроводен и гигиеничен.

Производят линолеум обычно тремя способами: вальцово-каландровым, экструзионным (безосновный линолеум) и промазным (линолеум на тканевой или войлочной основе). Многослойный линолеум является самым экономичным и самым прочным из этой группы. Он может быть двухслойным или многослойным. Нижние слои его изготавливают с максимальным содержанием наполнителей, что дает значительную экономию дорогостоящих компонентов (полимеров и красителей), лицевой слой — с минимальным количеством наполнителей или совсем без наполнителей, что повышает его прочность, особенно на истирание. Расход красителей в многослойном линолеуме также невелик, поскольку окрашивается лишь лицевой слой, толщина которого, как правило, составляет 0,6...0,8 мм. Нижнюю сторону линолеума рекомендуется делать тисненой для усиления сцепления с основанием при наклейке.

Весьма перспективным видом поливинилхлоридного линолеума является теплозвукоизоляционный линолеум. Применяемые в настоящее время для устройства полов рулонные, плиточные и мастичные материалы сами по себе не являются теплозвукоизоляционными. Специальным требованием к этому виду линолеума является его тепловая характеристика, которая должна соответствовать существующим санитарным нормам и обеспечивать коэффициент теплоусвоения не более 5 ккал/м<sup>2</sup>·ч·°С. В соответствии с существующими нормами должна быть обеспечена также звукоизоляция межэтажных перекрытий.

Промазной способ производства линолеума на тканевой основе. Процесс изготовления линолеума можно разбить на пять основных операций: подготовка сырья и материалов; изготовление поливинилхлоридной пасты; приготовление линолеумной массы; нанесение массы на тканевую или войлочную основу с термообработкой и охлаждением; обрезка, сортировка и упаковка линолеума.

При подготовке сырья особое внимание обращается на качество тканевой основы: она должна быть без пороков — узлов, ниток, посторонних включений и одинаковой ширины. Правильное дозирование сырья имеет решающее влияние на качество линолеумной массы: все компоненты должны находиться в определенном весовом соответствии, для чего необходимы современные дозирующие весовые аппараты, облегчающие работу и гарантирующие правильность дозировки.

Вначале готовится в турбинном или планетарном смесителе поливинилхлоридная паста, т.е. смесь поливинилхлорида, пластификатора и разбавителя (минерального масла). Затем готовится

линолеумная масса, имеющая приблизительно следующее соотношение компонентов (в вес. %): паста из поливинилхлоридного полимера и пластификаторы — 45, порошок поливинилхлорида — 9, пигмент, тертый на пластификаторе, — 3 и наполнитель — 43. Масса готовится в смесителе в течение двух часов при определенном температурном режиме. Из смесителя линолеумная масса идет на трехвальную вальцовку для окончательного перетира, после чего подается на грунтовальный агрегат с одно- или многоразовым нанесением слоя, причем желирование (термическая обработка) каждого слоя происходит в отдельности. Грунтовальный агрегат состоит из трех основных частей: грунтовальной установки, сушильно-желировочной камеры и охлаждающего устройства.

Процесс нанесения массы заключается в следующем: линолеумная масса через бункер подается на движущуюся тканевую основу и ножами (раклями) распределяется равномерным слоем заданной толщины по всей ткани. Непосредственно после этого ткань поступает в сушильно-желировочную камеру. Здесь происходит самый ответственный процесс изготовления линолеума: образование пленки линолеумной массы. От правильности технологического процесса именно этого этапа производства в значительной степени зависит качество линолеума. Желатинизация пленок происходит при температуре 160...190 °С. При неполной желатинизации образуется рыхлая пленка с неудовлетворительными физико-механическими свойствами. Желировочную камеру чаще всего обогревают электроплитами, между которыми проходит ткань с нанесенным покрытием. После каландрирования на валках с рабочей температурой 140...145 °С линолеум поступает на холодильные валки, которые охлаждают его до 25 °С. При этом происходит усадка пленки и снимаются ее внутренние напряжения, что предохраняет линолеум от возможной деформации.

Заключительным процессом производства является обрезка продольных кромок, поперечная разрезка линолеума на куски нужного размера, разбраковка, сматывание кусков в рулоны и упаковка рулонов в плотную бумагу или ткань. Эти операции проводят на столе с приспособлениями для продольной и поперечной резки линолеумного полотна. Хранится и транспортируется поливинилхлоридный линолеум в рулонах, в которые полотнища сматываются лицевой стороной внутрь. Линолеум следует хранить в сухих складских помещениях при температуре не ниже 10 °С. При более низкой температуре понижается его эластичность, а при температуре ниже 0 °С он становится хрупким. При укладке линолеума в склад или в вагон нельзя бросать рулоны во избежание появления трещин и поломок линолеума. Рулоны хранят обязательно в вертикальном положении и только в один ряд.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Виды материалов для устройства полов.
2. Охарактеризуйте рулонные материалы.
3. Охарактеризуйте поливинилхлоридный линолеум.
4. Способы производства линолеума.
5. Промышленный способ производства линолеума на тканевой основе.

## **МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТЕН. КРОВЕЛЬНЫЕ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Полимеры находят все более широкое применение в производстве кровельных и гидроизоляционных материалов. К этим материалам предъявляются требования, вызываемые специфическими условиями их эксплуатации: прежде всего они должны обладать полной водонепроницаемостью, возможно меньшим весом при достаточной механической прочности, огнестойкостью, морозостойкостью, быть стойкими по отношению к атмосферным воздействиям.

Листовые материалы, например стеклопластики на основе полиэфиров, находят применение только в качестве кровельных, пленочные материалы используются в основном как гидроизоляционные, а рулонные материалы (изол) могут быть использованы и как кровельные, и как гидроизоляционные. Резкой границы между материалами кровельными и гидроизоляционными в ряде случаев делать нельзя. Широкое распространение в современном строительстве плоских крыш еще более объединяет эти две группы материалов. Кровли, выполненные из полимерных материалов, не требуют периодических покрасок дорогостоящими масляными красками. Широкие возможности механизации производства кровельных и гидроизоляционных материалов на основе полимеров, в том

числе получивший большое распространение экструзионный метод производства пленочных изделий, являются надежной гарантией дальнейшего увеличения выпуска и применения в строительстве указанных материалов.

Кровельные и гидроизоляционные материалы подразделяют по их внешнему виду на рулонные, листовые и мастичные. Однако это разделение не является общим. Так, распространенный материал изол вырабатывают в рулонном, листовом и мастичном видах.

**Рулонные гидроизоляционные материалы. Пленка полиэтиленовая.** Полиэтиленовая пленка совершенно не пропускает влагу, пары, поэтому является прекрасным строительным материалом, пригодным для гидро- и пароизоляции. Для этих работ обычно применяют пленку толщиной 0,2, 0,085, 0,06 мм. Полиэтиленовые пленки обладают повышенной биостойкостью против гниения и не разрушаются бактериями, что является преимуществом по сравнению с ранее применяемыми материалами, такими как битумные материалы. Кроме того, они значительно эластичнее и тоньше применявшихся ранее гидроизоляционных материалов (толя, рубероида, пергамина, гидроизола), а потому гидроизоляция из них хорошо сочетается с основным материалом конструкций. Легкая свариваемость полиэтиленовых пленок упрощает стыкование полотен. Соединяют швы пленки через бумажную ленту металлическим гладилом при температуре 90...130 °С. Пленки наклеивают на изолируемую поверхность битумными или полимерными мастиками.

Покрытие пленкой свежесушеного бетона улучшает его механические свойства. В производстве железобетонных изделий полиэтиленовыми пленками изолируют изделия для предотвращения испарения влаги при твердении бетона. Это обеспечивает резкое повышение прочности изделий и исключает потребность в дополнительном увлажнении, особенно в летний период при естественном твердении бетона. Полиэтиленовые пленки широко применяются для изоляции фундаментов от проникания грунтовых вод.

Недостатками полиэтиленовой пленки являются ее повышенная, по сравнению с другими гидроизоляционными материалами, склонность к старению, при воздействии света особенно, а также возможность повреждения грызунами. Оба эти недостатка могут быть в значительной степени ослаблены путем добавления в пленочную массу небольшого количества тонкоизмельченного каменноугольного пека.

Полиэтиленовая пленка для нужд строительства выпускается длиной не менее 25 м и шириной полотна 140 см при толщине 0,06 мм; 120 см при толщине 0,085 мм и 80...90 см при толщине 0,2 мм. Вырабатывается пленка из полиэтилена низкой плотности методом непрерывной экструзии с одновременным пневматическим растяжением. Пленка подразделяется на две марки — А и Б, которые характеризуются следующими показателями:

- предел прочности при разрыве для марок А и Б соответственно не менее 120...100 кг/см<sup>2</sup>;
- относительное удлинение при разрыве соответственно не менее 200...300 %;
- морозостойкость для обеих марок не выше 60 °С.

Готовую пленку сматывают в рулоны на бобины, обертывают в плотную упаковочную бумагу, помещают в ящики или в другой вид тары, обеспечивающий сохранность пленки при хранении и перевозках. Хранят пленку в темном и сухом помещении на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов.

**Изол** — бесосновный биостойкий гидро- и пароизоляционный рулонный материал, получаемый из резинобитумного вяжущего, пластификатора, наполнителя, антисептика и полимерных добавок. Изол предназначается для склеечной гидроизоляции (в том числе подземных каналов для трубопроводов), изоляции конструкций зданий и сооружений, пароизоляции покрытий, а также для гидроизоляции пролетных строений железнодорожных мостов, расположенных в районах с температурой наиболее холодных суток до –35 °С. Изол может применяться для защиты наружной поверхности стальных труб тепловых сетей от коррозии при температуре до 140 °С, при тепловой изоляции — от увлажнения в случае бесканальной прокладки.

По согласованию с проектной организацией допускается применение изола при температуре изолируемых поверхностей до 150 °С. В зависимости от физико-механических показателей (табл. 3) и наличия полимерной добавки изол подразделяют на две марки:

- 1) И-БД — изол без полимерных добавок;
- 2) И-ПД — изол с полимерными добавками.

Физико-механические показатели изола

Наименование показателя	И-БД	И-ПД
Условная прочность, МПа, не менее	0,45	0,60
Относительное удлинение, %, не менее	55	80
Относительное остаточное удлинение, не более	25	30
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1,0	0,8

Производство рулонного изола во многом аналогично производству релина. Края полотна изола ровно обрезаются без надрывов. Полотно должно быть однородным по внешнему виду, без трещин, дыр, складок, посторонних включений и жестких частиц резины. Полотно наматывается на сердечники диаметром не менее 6 см. Хранится изол в закрытых помещениях, защищенных от атмосферных осадков, только в горизонтальном положении рулонов, уложенных в ряды не более пяти по высоте. При использовании изола для гидроизоляции больших площадей (бассейнов, резервуаров, кровли) полотнища в сплошное покрытие соединяются на месте укладки с помощью сварки кромок и разравнивания шва гладилкой.

Кровельные плитки из изола, имеющие повышенную плотность и твердость за счет увеличенного количества минеральных наполнителей, изготавливают штамповкой из листа изола. Плитки выпускаются толщиной 4...6 мм; используют их для устройства чешуйчатой кровли, приклеивая к основанию мастикой или укрепляя на гвоздях к деревянной опалубке. Поверхность плиток может быть окрашена масляной краской в разные цвета. При введении в состав плиток в качестве наполнителя волокнистых материалов, например отходов от переработки хлопка, их прочность значительно возрастает. В эксплуатации плитки значительно долговечнее рубероида.

Мастика из изола обладает высокими клеящими свойствами по отношению к металлу, стеклу, керамике, бетону. Основное назначение мастики — гидроизоляция. Особенно полезно ее применение в тех случаях, когда требуется гидроизоляция поверхностей сложной формы.

**Листовые кровельные материалы.** Наиболее широкое применение в качестве полимерного кровельного материала получил волнистый стеклопластик, изготавливаемый на основе полиэфиров — очень светостойких полимеров, армированных стеклянным волокном. Листы стеклопластиков могут быть и плоскими, в этом случае технология изготовления их несколько проще. Покрытия из полиэфирных стеклопластиков очень стойки против атмосферных воздействий и пропускают до 85 % световых лучей. Со временем они несколько теряют свою прозрачность. Эксплуатационные температуры, при которых их можно применять в кровлях, колеблются в очень широких пределах — от  $-50$  до  $+90$  °С. Высокая светопропускная способность этого материала дает возможность отказаться при возведении промышленных зданий от устройства фонарей, которые усложняют конструкцию кровли, увеличивают ее стоимость и повышают эксплуатационные расходы. В тех случаях, когда фонари на кровле необходимы по эксплуатационным условиям, они также могут быть устроены из листовых стеклопластиков, со значительным упрощением и удешевлением их конструкции против обычно устраиваемых фонарей.

Длина листов до 5 и ширина до 0,9 м при толщине от 1,5 до 4 мм, шаг волны различен, вес  $1 \text{ м}^2$  составляет 2,8...8,8 кг. Листы склеивают синтетическими клеями внахлестку с перекрытием на 3...7 см или крепят к обрешетке кровли винтами с прокладками из полиэтилена. Если по условиям эксплуатации от кровли требуется повышенная теплоизоляционная способность при сохранении светопрозрачности, то применяют панели из трех листов стеклопластика: два наружных гладкого профиля и внутренний волнистого профиля. Теплоизоляция достигается наличием воздушной прослойки между листами. Панели из стеклопластика укладывают в кровельное покрытие по прогонам или стропилам, а швы между ними заполняют гидроизоляционными мастиками. Кровельные стеклопластики могут быть окрашены в любой цвет органическими красителями, подбор которых должен обеспечить минимальную потерю светопрозрачности, если не требуется по каким-либо соображениям ее понижение. В этом случае рекомендуются неорганические красители, применение которых может снизить светопрозрачность материала до 5 %.

Волнистые стеклопластики при устройстве кровли целесообразно использовать в комбинациях с другим волнистым кровельным материалом, например асбестоцементными листами; для этой цели предусмотрены четыре марки волнистых стеклопластиков, профили которых соответствуют профилям обыкновенных и усиленных асбестоцементных листов. Листы стеклопластика упаковывают на заводе в плотную бумагу и обшивают металлическими обручами, хранят их в штабелях при горизонтальном положении листа.

**Герметизирующие материалы.** Герметики — это материалы, которые делают непроницаемыми стыки панелей сборных зданий и сооружений. В сборных зданиях эти материалы выполняют функции не только гидроизоляции, но и теплоизоляции, звукоизоляции и воздухопроницаемости. Среди уплотняющих материалов главную роль играют эластичные пленки и прокладки.

Пленки наносят на стыки двумя способами: приклеивают ленту пленки на кромки панелей и таким образом перекрывают стык или наносят на стык тонкий слой жидкой герметизирующей массы, которая, отверждаясь, образует пленку. Целесообразно наклеивать пленку и с внутренней стороны стыка, так как в этом случае пленка не подвергается прямому атмосферному воздействию и резким колебаниям температуры. Пленки, образующиеся за счет отверждения жидкой массы, должны обладать хорошей адгезией как к сухому, так и влажному и холодному бетону, иметь относительное удлинение не менее 200 %.

Эластичные прокладки, изготавливаемые в виде пористых жгутов различной конфигурации, укладываются в зазоры между сборными конструкциями зданий насухо или на приклеивающих мастиках, которые прочно соединяют прокладки с поверхностями конструкций, а также предохраняют прокладки от вредного воздействия окружающей среды.

Из герметиков имеют наибольшее применение в строительстве полиизобутиленовые пленки, тиколовые пленки и пасты, пороизол.

**Полиизобутиленовая пленка УП-50** — это герметизирующий пленочный материал, изготавливаемый из высокомолекулярного полиизобутилена, полиэтилена высокого давления, парафина, сажи и измельченного до зерен 40...60 мкм каменного угля. Готовую массу подают на каландр и прокатывают в пленку толщиной 0,5 мм. Последнюю обрезают по размеру, посыпают тальком и скатывают в рулоны.

Нанесение полиизобутиленовых пленок на поверхность металла производят путем наклейки пленки на холодную поверхность металла и последующего подогрева до 200...210 °С. При оклеивании металлов полиизобутиленовыми пленками создают многослойные покрытия из нескольких видов клеев, имеющих адгезию к металлу и к полиизобутилену.

Приблизительно по той же технологии, по которой делают мастики, можно изготавливать эластичные полиизобутиленовые пленки. Пленки, нарезанные в виде полос, наклеивают на стык и герметизируют его.

**Пороизол** изготавливают из резиновой крошки (70...75 %), нефтяных дистиллятов (20...23 %), вспенивателя (1,5...6 %) и вулканизирующих добавок (1,5...2 %). Он выпускается в виде круглых жгутов диаметром 10...45 мм и прямоугольного поперечного сечения 40×20 и 30×40 мм. Пороизол активно насыщается водой (до 20 %) и через два года вдвое снижает прочность в воде и в десять раз — деформативную способность; поэтому его следует применять только в качестве вспомогательных прокладок и для уплотнения постоянно обжатых горизонтальных швов.

**Бризол** — безосновный рулонный материал, изготавливаемый методом вальцевания и последующего каландрирования смеси, состоящей из нефтяного битума, дробленой резины (из амортизированных автопокрышек), асбеста и пластификатора. Бризол марки Бр-С применяется при температуре воздуха от 30 до -5 °С, марки Бр-П — от 45 до -15 °С. Бризол марки Бр-П может применяться при температуре окружающего воздуха до -25 °С при условии хранения его до момента использования в помещении, имеющем температуру 20...25 °С.

Полотно бризола перед намоткой на сердечник должно быть охлаждено до температуры 20±2 °С. Внутренняя поверхность полотна бризола должна быть равномерно припудрена тонкоизмельченным сухим минеральным порошком (мелом, известняком или асбестом), который не должен препятствовать прилипанию бризола к битумной мастике. Полотно бризола в рулоне не должно быть слипшимся, рулоны должны быть обвязаны шпагатом. Транспортировать рулоны бризола следует в закрытых вагонах или других закрытых транспортных средствах в условиях, предохраняющих материал от воздей-

ствия атмосферных осадков и нагревания солнечными лучами. При транспортировании и хранении бризола рулоны устанавливают на торец в два ряда по высоте. При устройстве настила для установки второго ряда рулонов настил не должен опираться на нижний ряд рулонов бризола. Рулоны бризола следует хранить отдельно по маркам в закрытом помещении. При кратковременном хранении (на месте производства работ) они должны быть закрыты брезентом или кровельным материалом. Срок хранения бризола не должен превышать четырех месяцев со дня изготовления.

**Полистирольные изделия** выпускаются в виде: плит полистирольных декоративных «Полиформ»; плиток облицовочных.

Плиты полистирольные «Полиформ» применяют для отделки стен и потолков помещений культурно-бытовых и административных зданий, для устройства передвижных перегородок и элементов интерьера. Их изготавливают на основе ударопрочного полистирола с добавлением вспенивающего компонента. Плиты крепят гвоздями или шурупами, для которых в центре кромок плит имеются специальные отверстия, или приклеивают.

Плитки облицовочные полистирольные изготавливают из полистирола, наполнителя, пигмента способом литья под давлением. Применение — для облицовки стен и перегородок санитарных узлов зданий.

Плитки являются горючим материалом. Лицевая поверхность плиток глянцевая, ровная. Плитки не просвечивают. Отличаются высокой ударной прочностью. Хорошо поддаются обработке: они легко пилятся, сверлятся, строгаются.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Требования, предъявляемые к кровельным и гидроизоляционным материалам.
2. Охарактеризуйте листовые материалы на основе полиэфиров (стеклопластики).
3. Охарактеризуйте рулонные гидроизоляционные материалы (пленка полиэтиленовая).
4. Охарактеризуйте изол.
5. Охарактеризуйте герметизирующие материалы.

## **ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**

Теплоизоляционные пластмассы — высокопористые газонаполненные материалы, получаемые различными способами из синтетических смол либо из материалов, изготовленных с применением синтетических смол.

**Производство пластмасс.** Для изготовления теплоизоляционных пластмасс применяют термопластичные и терморезактивные полимеры (смолы), газообразующие (вспенивающие) вещества, отвердители, а также добавки, улучшающие свойства материалов (например, пластификаторы, придающие материалам пластичность; катализаторы, ускоряющие химические процессы образования пластмасс). Термопластичные полимеры обладают свойством размягчаться при нагревании и затвердевать при охлаждении (полистирол, поливинилхлорид). Терморезактивные полимеры, однажды затвердев (заполимеризовавшись), не способны снова размягчаться при повышении температуры. К ним относятся фенолоформальдегидные, карбамидные, полиуретановые полимеры. Газообразующие вещества, создающие пористое строение газонаполненных пластмасс, бывают твердые, жидкие и газообразные. К твердым газообразователям относятся органические вещества (порофоры), выделяющие при разложении в процессе нагревания газы. Промышленность выпускает порофоры марок ЧХЗ-57, ЧХЗ-21, ДАБ. Жидкими газообразователями служат легкокипящие жидкости (бензол, ксилол, толуол, фреоны), которые вспенивают полимер при нагревании их до температуры кипения. К газообразным вспенивающим веществам относятся азот, воздух, инертные газы. Теплоизоляционные пластмассы изготавливают прессовым, беспрессовым способами, способом заливки и напыления на изолируемую поверхность. Прессовый способ состоит из следующих операций: смешивания смолы с газообразователями и другими компонентами, прессования полученной массы в пресс-формах при повышенной температуре (120...180 °С) и давлении 12...20 МПа и вспенивания полученной заготовки в свободном состоянии (без пресс-форм) при нагревании паром, водой или горячим воздухом до температуры 85...200 °С (в зависимости от вида полимера и марки материала, которую хотят получить). Беспрессовый способ включает в себя смешивание смолы с газообразова-

телом, отвердителем и другими компонентами и тепловую обработку смеси в формах для размягчения полимера и разложения газообразователя, вспенивания массы и ее отверждения.

Способ заливки заключается в смешивании массы, состоящей из смолы, газообразователя, отвердителя и других компонентов, заливке ее в форму, вспенивании за счет разложения газообразующих веществ вследствие повышения температуры смеси за счет теплоты, выделяемой при химической реакции, и отверждении массы.

При способе напыления компоненты смешивают в специальной машине, и эту массу наносят тонким слоем на изолируемую поверхность. Нанесенная масса вспенивается за счет выделения газообразующих веществ. Газообразующие вещества выделяются в результате нагревания композиционной смеси в процессе химической реакции, происходящей в ней. Затем масса застывает в виде пористого материала.

В зависимости от характера пористости теплоизоляционные пластмассы подразделяются на ячеистые или пенные (пенопласты) и пористые (поропласты).

Пенопласты, получаемые вспениванием исходной пластмассы, имеют вид застывшей пены. Ячейки пенопластов не сообщаются между собой и заполнены воздухом или газом.

Поропласты отличаются от пенопластов тем, что имеют сообщающиеся между собой полости, которые заполнены газом. Практически в материалах одновременно присутствуют замкнутые и открытые поры.

**Основные свойства пластмасс.** Технология производства теплоизоляционных пластмасс позволяет получать материалы с различными свойствами. В зависимости от вводимых в них компонентов и способа получения средняя плотность их может колебаться от 10 до 250 кг/см<sup>3</sup>, соответственно, и теплопроводность изменяется от 0,035 до 0,064 Вт/(м·К).

Теплоизоляционные пластмассы могут изготавливаться жесткими и эластичными.

Пластмассы всех видов дают значительную деформацию при сжатии, поэтому различают предел прочности при сжатии у жестких пластмасс (пенополистирола марок ПС-1 и ПС-4, фенолоформальдегидных марок ФРП-1, ФФ и др.) и предел прочности при 10%-м сжатии у деформирующихся пластмасс (пенополистирол марки ПСБ, эластичные пенополиуретаны). Предел прочности при сжатии зависит от вида пенопласта, структуры, средней плотности и находится в пределах от 0,02 (мипора марки 10) до 3 МПа (пенопласты на основе фенолоформальдегидных смол средней плотности 200 кг/м<sup>3</sup>). Предел прочности при изгибе — примерно в тех же пределах.

Теплоизоляционные пластмассы с закрытыми порами обладают меньшим водопоглощением, паро-, водо- и воздухопроницаемостью, чем волокнистые материалы. Поэтому пластмассы в основном применяют для изоляции поверхностей с отрицательными температурами.

Большинство пластмасс относится к группе сгораемых материалов и только часть из них — к группе трудносгораемых (ФРП-1, ПСБ-С, пеноизол, пенополиуретан ППУ-3С — самозатухающий материал).

Теплоизоляционные пластмассы применяют в качестве звукопоглощающих и звукоизолирующих материалов. Хорошей звукопоглощающей способностью обладают поропласты (с открытыми порами).

Наиболее широкое применение в промышленном строительстве получили пенополистирол, пенополивинилхлорид, пенополиуретан, пенопласты на основе фенолформальдегидных смол и мипора.

Пенополистирол выпускают в виде плит размером до 100×100×10 см, плотностью 30...100 кг/м<sup>3</sup> и теплопроводностью 0,03...0,05 Вт/(м·°С). Предельная температура его применения –100...60 °С. В строительстве пенополистирол используют для изоляции стен, покрытий и перекрытий, в слоистых стеновых панелях в сочетании с алюминием, асбестоцементом и стеклопластиком.

Из пенополистирола плотностью около 100 кг/м<sup>3</sup> можно сооружать перекрытия по легким металлическим фермам без настила. Экономическую целесообразность применения пенополистирольного утеплителя можно иллюстрировать следующим примером. Если стоимость, затраты труда, массу конструкций, потребность в транспорте при возведении железобетонных покрытий, утепленных пенобетоном, принять за 100 %, то для покрытия с пенополистирольным утеплителем эти показатели значительно меньше и соответственно будут: 50...85; 60; 20; 12 %.

Пенополивинилхлорид выпускают в виде плит размером 50×50 см, толщиной 4,5...7,0 см, плотностью 60...200 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводностью 0,035...0,055 Вт/м·°С. Максимальные температуры при-



менения пенопласта  $-60...+60$  °С. Предел прочности при изгибе не менее 1 МПа. Пенополивинилхлоридные плиты применяют для изоляции ограждающих конструкций зданий, в частности при изготовлении трехслойных панелей.

Пенополиуретан представляет собой пористый жесткий (плиты) или мягкий эластичный (рулоны или листы) материал плотностью  $30...100$  кг/м<sup>3</sup> и теплопроводностью  $0,03...0,05$  Вт/м·°С. Предел прочности поропласта при сжатии — до 3,5 МПа, при изгибе — до 5,0 МПа. Предельная температура применения  $-160...150$  °С. Пенополиуретановые плиты применяют в качестве внутреннего слоя стеновых навесных панелей, изоляции перекрытий, стен. В виде сегментов и скорлуп его используют для теплоизоляции сетей горячего и холодного водоснабжения. Эластичный пенополиуретан в виде прокладок применяют для герметизации горизонтальных и вертикальных стыков панелей. Пенополиуретаны могут быть получены непосредственно на стройке методом напыления и заливки (заливочные пенопласты). В результате вспенивания полиуретана в конструкциях получают монолитную теплоизоляцию, что дает возможность уменьшить толщину слоя изоляции на  $25...30$  % по сравнению с теплоизоляцией, выполненной из штучных изделий.

Фенолформальдегидные пенопласты получают заливкой жидких композиций, их плотность  $50...150$  кг/м<sup>3</sup>, цвет красно-коричневый. Большое количество фенолформальдегидных пенопластов используют при изготовлении трехслойных панелей с внешними слоями из гофрированного алюминия или стальных листов.

Мипора — поропласт, получаемый вспениванием и отверждением композиций на основе карбамидного полимера, является самой легкой газонаполненной пластмассой. Плотность мипоры  $10...20$  кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность  $0,03...0,035$  Вт/м·°С. Вследствие гигроскопичности мипора требует тщательной гидроизоляции. Ее используют для теплоизоляции холодильников, а крошку мипоры — также для заполнения полостей в трехслойных конструкциях.

Сотопласты — теплоизоляционные материалы с ячейками, напоминающими форму пчелиных сот. Стенки ячеек могут быть выполнены из различных листовых материалов (бумаги, стеклоткани, хлопчатобумажной ткани, металлической фольги, древесноволокнистых плит и др.), пропитанных синтетическими полимерами. В строительстве обычно используют сотопласты, стенки которых состоят из крафт-бумаги, пропитанной и склеенной мочевиноформальдегидным или фенолформальдегидным полимером. Их применяют в трехслойных ограждающих конструкциях. Такие строительные элементы характеризуются значительной прочностью при сжатии, высокой упругостью на сдвиг и низкой теплопроводностью  $0,045...0,06$  Вт/м·°С. Для увеличения теплозащитных свойств ячейки сотопласта заполняют мипорой или другим теплоизоляционным материалом.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие материалы относят к теплоизоляционным пластмассам?
2. Охарактеризуйте применяемые газообразователи.
3. Способы изготовления теплоизоляционных пластмасс.
4. Классификация теплоизоляционных пластмасс.
5. Характеристика жестких и эластичных теплоизоляционных пластмасс.
6. Охарактеризуйте пенополистирол.
7. Охарактеризуйте пенополивинилхлорид.
8. Охарактеризуйте пенополиуретан.
9. Охарактеризуйте сотопласты.

## **ТРУБЫ**

Трубы из пластических масс получили широкое распространение. Пластмассовые трубы обладают стойкостью к действию кислот и щелочей. Пластмассовые подземные трубопроводы более долговечны, чем металлические, так как не подвержены электрохимической коррозии. За счет очень гладкой внутренней поверхности пластмассовых труб потеря давления при прохождении по ним жидкости примерно на  $10...30$  % меньше, чем в новых стальных трубах.

Отрицательным свойством пластмассовых труб является малая теплостойкость. Так, например, поливинилхлоридные трубы, обладая очень невысокой температурой размягчения, не пригодны для транспортирования жидкостей с температурой выше  $60$  °С.

Помимо труб, изготовленных целиком из пластмассы, применяется внутренняя футеровка металлических труб пластмассой.

Наибольшее распространение получили у нас полиэтиленовые, поливинилхлоридные и стеклопластиковые трубы.

**Полиэтиленовые трубы.** Для изготовления полиэтиленовых труб применяют полиэтилен высокого и низкого давления. Получают их методом непрерывного выдавливания размягченного полиэтилена (экструзия). Трубы отличаются большой морозостойкостью, не утрачивают гибкости до температуры  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а также высокой пластичностью. Вырабатываются они диаметром от 13 до 150 мм и рассчитаны на рабочее давление до 12 атм. Они в 9 раз легче стальных труб.

Трубы, соединительные фланцы и другие детали трубопроводов из полиэтилена легко поддаются механической обработке: их можно резать, строгать, точить, сверлить, фрезеровать и сваривать. Склеивать полиэтиленовые трубы между собой и с фасонными частями нельзя, так как нет адгезии клея к поверхности полиэтилена. Для монтажа полиэтиленовых трубопроводов широко применяются фитинги из легких металлов, не подвергающихся коррозии (различные сплавы алюминия).

Полиэтиленовые трубы хранятся в закрытых складских помещениях, которые, учитывая стойкость полиэтилена к отрицательным температурам, могут не отапливаться в зимний период. Трубы из чистого полиэтилена без защитной окраски сажей необходимо предохранять от воздействия солнечного света.

**Поливинилхлоридные трубы.** Для производства поливинилхлоридных (винипластовых) труб применяется термически пластифицированный поливинилхлорид (винипласт) с добавлением стабилизатора. Стабилизация поливинилхлорида необходима во избежание отщепления хлороводорода, наблюдающегося при воздействии тепла, света и других факторов, неизбежных при изготовлении и эксплуатации многих изделий из поливинилхлорида. Наиболее прогрессивным методом производства этих труб является метод непрерывной экструзии.

Винипласт, предназначенный для производства труб, стабилизированный меламином (марка А), имеет следующий состав (кг): поливинилхлорид — 100, меламин — 2, трансформаторное масло — 2 и стеарин — 1. Винипласт, стабилизированный свинцовым глетом (марка Б), на 100 кг поливинилхлорида содержит (кг): свинцового глета — 1, стеарата кальция — 2 и трансформаторного масла — 0,2. Стойкость винипласта против химических воздействий, высокие антикоррозионные и электроизоляционные свойства делают его особенно ценным в качестве материала для трубопроводов. Степень химической стойкости винипласта зависит от концентрации агрессивного вещества. Винипласт условно можно считать стойким, если максимальное набухание материала под действием реагента не превышает 1 %.

При применении винипластовых труб необходимо учитывать ряд ограничений и некоторые особенности монтажа трубопроводов, вытекающие из свойств материала. Прочность винипласта в большой степени зависит от температуры. Так, удельная ударная вязкость винипласта при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , равная  $150\text{ кг/см}\cdot\text{см}^2$ , падает с понижением температуры и при  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  составляет  $30\text{ кг/см}\cdot\text{см}^2$ . Поэтому эксплуатационные достоинства винипластовых трубопроводов при отрицательных температурах резко снижаются. Сопротивление при ударе также резко уменьшается при наличии на трубах царапин и надрезов. Винипластовые трубы могут транспортировать под напором жидкости, нагретые до  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а самотеком — до  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Винипласт размягчается при  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Жидкости, проходящие через винипластовые трубы, испытывают меньшее гидравлическое сопротивление, чем в чугунных или стальных трубопроводах, поэтому пропускная способность этих труб на 10 % больше, чем новых металлических.

При монтаже трубопроводов необходимо учитывать весьма значительный коэффициент линейного расширения винипластовых труб (в 7 раз больший, чем стальных труб) и создавать конструкцию трубопровода, компенсирующую изменения линейных размеров при колебаниях температуры. Радиусы изгиба труб должны превышать диаметр трубы в 4–5 раз. Винипластовые трубопроводы не следует нагружать дополнительными усилиями, возникающими при пользовании водоразборной и запорной арматурой, которая поэтому должна иметь самостоятельное крепление к стенам или щиткам. Качество монтажных работ играет очень большую роль в надежности и продолжительности эксплуатации трубопровода. Учитывая «текучесть» винипласта, во избежание провисания труб опоры трубопроводов необходимо располагать достаточно часто (на расстоянии от 80 до 215 см) в

зависимости от диаметра труб. В качестве опор применяют хомутовое крепление с изоляцией поверхности трубы эластичной резиновой прокладкой.

В отличие от полиэтиленовых, винилпластовые трубы обладают способностью прочно склеиваться. Это ценное свойство широко используют при соединении частей винилпластового трубопровода между собой и с фасонными деталями. Прочность склеенных соединений примерно в 5 раз больше, чем сварных. Склеивают винилпласт различными клеями. Резьбовые соединения на винилпластовых трубах делать не рекомендуется, так как резьба сильно ослабляет прочность на удар нарезанного участка.

**Стеклопластиковые трубы** изготавливаются из полиэфирного полимера, армированного стекловолокном. Этот анизотропный материал, получивший у нас название СВАМ, обладает рядом ценнейших качеств. Применяемое стеклянное волокно по сравнению с органическими волокнами имеет ряд технических преимуществ: большую прочность на разрыв, высокий модуль упругости, химическую устойчивость, малую гигроскопичность, огнестойкость. Трубы из СВАМ предпочтительнее металлических и других видов пластмассовых труб.

По сравнению со всеми другими пластмассовыми трубами трубы из СВАМ обладают наибольшей прочностью и способностью выдерживать рабочие температуры до 150 °С. Так, трубы из полиэтилена нормально работают лишь при температуре не выше 80 °С, а для винилпласта рабочие температуры — не выше 60 °С, причем лишь при давлении не выше 1 атм. Особенно широкое применение стеклопластиковые трубы получили в нефтяной промышленности, так как они не реагируют на действие нефтепродуктов. Однако высокая стоимость этих труб ограничивает их применение.

Изготавливаются также стеклопластиковые трубы с армированием стекловолокном вдоль оси трубы. Прочность стеклопластиковых труб уменьшается со временем под влиянием внешней среды, переменных нагрузок и других факторов.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. В чем преимущества полимерных труб перед металлическими?
2. Охарактеризуйте полиэтиленовые трубы.
3. Охарактеризуйте винилпластовые трубы.
4. Охарактеризуйте стеклопластиковые трубы.

### **КЛЕИ, МАСТИКИ**

Клеи и мастики используют для приклеивания рулонных листовых и плиточных материалов без пригруза.

Клеи для строительных конструкций представляют собой композиции из каучуков, различного рода модифицирующих добавок, наполнителей, растворителей и отвердителей. Такие клеи используют для склеивания асбестоцементных и других цементно-бетонных материалов, алюминиевых сплавов, черных металлов и древесины как между собой, так и с пенопластами и сотопластами в трехслойных и других конструкциях.

**Классификация клеев.** В зависимости от методов применения клеи для строительных конструкций делят на три вида: клеи холодного (при температуре 16...30 °С), теплого (при температуре 40...90 °С) и горячего отверждения (при температуре 100...160 °С). По виду связующего — фенольные, эпоксидные, каучуковые, мочевиновые и полиэфирные клеи. Могут использоваться также и модифицированные системы на основе указанных клеев.

Фенольные клеи холодного и теплого отверждения, состоящие из фенолоформальдегидного полимера, отвердителя и наполнителя, применяют для склеивания стеклопластиков, пенопластов, сотопластов и древесины между собой, а также с асбестоцементными и алюминиевыми сплавами. Фенольный клей горячего отверждения, состоящий из фенолоформальдегидного полимера и наполнителя, применяют для склеивания асбестоцемента с сотопластами, стеклопластиков и фанеры.

Эпоксидный клей холодного и теплого отверждения, состоящий из эпоксидного полимера, модификатора, отвердителя и наполнителя, используют для склеивания асбестоцементных и цементно-бетонных материалов, алюминия и других материалов, а эпоксидный клей горячего отверждения — для склеивания различных материалов, так как он обладает значительной адгезией, малой усадкой и высокой прочностью.

Мочевинные и мочевиномеламиновые клеи холодного и горячего отверждения, состоящие из одноименных связующих, отвердителей и наполнителей, используют для склеивания древесины.

**Каучуковый клей**, в состав которого входят каучук, модификатор и вулканизатор, применяют для склеивания алюминия с сотами из древесноволокнистых плит пенопластами. Он обладает значительной адгезией и прочностью, очень малым водопоглощением.

В качестве грунтов при склеивании строительных конструкций используют: полиметилметакрилатный состав, состоящий из полиметилметакрилата, метилметакрилата, растворителя и отвердителя, винильно-фенольный грунт — из поливинилхлорида, фенолоформальдегидного полимера и растворителя.

Клеевые соединения строительных конструкций обеспечивают необходимую прочность при температурах от  $-30$  до  $+60$  °С.

**Мастики** представляют собой клейкие пастообразные композиции, состоящие из клеящей основы, растворителей, пластификаторов, наполнителей, разжижителей и, в некоторых случаях, отвердителей. Применяются для крепления листовых и плиточных материалов.

По виду исходного вяжущего различают мастики битумные, битумно-полимерные, битумно-эмульсионные, резинобитумные, полимерные, дегтевые и дегтеполимерные.

Мастики по назначению бывают приклеивающие — для приклеивания рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов, а также для устройства защитного слоя кровель. Кроме того, мастики производят для устройства мастичных слоев гидро- и пароизоляции, а также для изоляции подземных стальных трубопроводов и других сооружений с целью защиты их от коррозии.

По способу укладки мастики бывают горячие и холодные. Горячие мастики применяют с предварительным подогревом: битумные подогревают до температуры  $60...180$  °С, резинобитумные — до температуры  $170...180$  °С, дегтевые — до  $130...150$  °С. Холодные мастики используют при температуре окружающего воздуха  $5$  °С без подогрева.

Мастики изготовляют из органического вяжущего, разбавителя и наполнителя. Наполнители применяют для повышения теплостойкости, уменьшения хрупкости при пониженных температурах и уменьшении расхода вяжущего. Для мастики используют наполнители пылевидные, волокнистые и комбинированные (смесь пылевидного и волокнистого). В качестве пылевидных наполнителей применяют известняк, доломит, кварц, тальк, трепел, золу, цемент и многие другие, а в качестве волокнистого наполнителя используют хризотилковый асбест 7-го и 8-го сортов, асбестовую пыль, коротковолнистую минеральную вату. В качестве разбавителя мастики могут содержать воду, органические растворители, нефтяные масла, битумы, гудрон, мазут.

Горячие мастики в зависимости от области применения подразделяют на приклеивающие, кровельно-изоляционные и гидроизоляционные асфальтовые и антикоррозионные. Приклеивающие мастики выпускают четырех видов: битумные, состоящие из битума, наполнителя и антисептика; резинобитумные, состоящие из резинобитумного вяжущего, полимерной добавки, наполнителя и антисептика; дегтевые — из каменноугольных дегтепродуктов и наполнителя и гудрокамовые — из гудрокама, нефтяного битума и наполнителя. Приклеивающие мастики предназначены для склеивания рулонных материалов при устройстве многослойных кровельных покрытий и гидроизоляции.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Классификация клеев.
2. Классификация мастик.
3. Свойства и применение клеев и мастик.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Аскадский А.А. Структура и свойства полимерных строительных материалов / А.А. Аскадский, М.Н. Попова. — Москва : МГСУ, 2013. — 201 с.
2. Бруяко М.Г. Химия и технология полимеров [Электронный ресурс] / М.Г. Бруяко, Л.С. Григорьева, А.М. Орлова. — Москва : Московский государственный строительный университет. 2016. — 131 с. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/40956.html>. Режим доступа: авторизованные пользователи.
3. Красовский П.С. Строительные материалы. — Москва : Форум : Инфра-М, 2013. — 255 с.