

Л. Г. Колесникова
М. В. Мокрова
Т. А. Иванова

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ БИТУМОВ

Учебное пособие для вузов

Казань
Издательство «Бук»
2022

УДК 691.16(075.8)

ББК 38.37я73

К60

Рецензенты:

Дмитриев Александр Львович, заместитель генерального директора
(ООО «Сервис, Строительство, Контроль»)

Пахтинов Вячеслав Михайлович, технический эксперт
(ОАО «Сланцевский цементный завод «ЦЕСЛА»)

Колесникова, Людмила Григорьевна.

К60 Органические вяжущие вещества и материалы на основе битумов : учебное пособие для вузов / Л. Г. Колесникова, М. В. Мокрова, Т. А. Иванова. — Казань : Бук, 2022. — 78 с. — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-00118-862-9.

В пособии освещены: классификация, состав, структура, получение и свойства битумов. Приведены методики определения свойств битумов по ГОСТам, марки битумов и их физико-механические свойства. Рассмотрено получение современных материалов на основе битумов: эмульсии, мастики, рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы, гибкая черепица, еврошифер, мембраны. Для рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов приведены методики определения основных свойств по ГОСТу.

Учебное пособие соответствует разделу дисциплины «Строительные материалы и Архитектурное материаловедение» для специальности 08.03.01 «Строительство», 07.03.01 «Архитектура» и других строительных специальностей. Учебное пособие предназначено для студентов строительных и технических вузов.

УДК 691.16(075.8)

ББК 38.37я73

ISBN 978-5-00118-862-9

© Колесникова Л. Г., Мокрова М. В.,
Иванова Т. А., 2022

© Оформление. ООО «Бук», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Раздел 1. Классификация органических вяжущих.....	7
Раздел 2. Состав и структура битумов.....	14
Раздел 3. Основные свойства битумов.....	20
Раздел 4. Жидкие органические вяжущие вещества.....	35
Раздел 5. Кровельные и гидроизоляционные материалы.....	47
Библиографический список.....	77

ВВЕДЕНИЕ

Органическими вяжущими веществами называется группа природных или искусственных твердых, вязкопластичных или жидких материалов, состоящих из смеси высокомолекулярных органических соединений и их неметаллических производных.

Неметаллические производные — это соединения углеводов с кислородом, серой, азотом.

От минеральных вяжущих веществ органические вяжущие отличаются по составу, строению, свойствам и ряду других признаков.

Органические вяжущие вещества — это высокомолекулярные природные или синтетические вещества:

- способные приобретать жидко-вязкую консистенцию при нагревании или при действии растворителей или же имеющие жидко-вязкую консистенцию в исходном состоянии;
- с течением времени самопроизвольно или под действием определенных факторов (температуры, веществ-отвердителей и др.) способные переходить в твердое состояние.

При этом как в жидком, так и в твердом состоянии эти вещества имеют хорошую адгезию к другим материалам.

О свойствах природного битума, применявшегося для скрепления наконечников древних копий и делавшего посуду водонепроницаемой, было известно еще в глубокой древности. В Древнем Египте битумом пользовались для бальзамирования и мумификации. Часто он использовался как связующее вещество при создании мозаик из полудрагоценных камней и раковин (рис. 1). Битумы и дегти использовались в Вавилоне, Ассирии и Египте еще более 4 тысяч лет назад в качестве строительного (водоизолирующего) материала. На битуме возводились первые участки Великой Китайской стены. Известно применение битумных материалов и в Древнем Риме. В Средние века органические строительные материалы использовались достаточно мало. Средневековые строители, в том числе и наши предки, применяли смолы и дегти для защиты древесины от гниения. С середины XIX века битумно-минеральные смеси стали использовать как дорожное покрытие [1].



Рис. 1. Мозаика на основе битума

Благодаря трудам крупных ученых, таких как В. И. Вернадский, Д. И. Воейков, А. Е. Ферсман и другие, в конце XIX века в России были заложены основы для получения природных битумов (из сызранских асфальтовых известняков, 1871 г.) и нефтяных битумов на основе бакинской нефти, что дало новые возможности применения органических вяжущих веществ, например дорожных покрытий, и производства кровельных и изоляционных материалов.

Деготь — один из старейших химических продуктов, получаемых человеком. С древнейших времен на Руси было развито получение дегтя из бересты (тонкой березовой коры). Бересту нагревали без доступа воздуха до 200–300 °С. При этом образовывалась темная вязкая жидкость с сильным запахом. Позже стали вырабатывать деготь из древесины березы и деревьев других лиственных пород. Деготь использовался для пропитки деревянных сооружений, лодок, рыбацких сетей, для смазки сапог и т. п. Такая обработка защищала от гниения благодаря антисептирующему и гидрофобизирующему действию.

Антисептирующие свойства дегтя используются и в медицине (мазь Вишневского, дегтярное мыло и т. п.). В дегте много ароматических углеводородов и их производных (бензола, толуола, нафталина,

фенола и др.). Именно они придают дегтю антисептические свойства. В больших масштабах деготь стал производиться с конца XIX в., когда стала развиваться металлургия.

В настоящее время органические вяжущие вещества широко применяются для устройства дорожных и аэродромных покрытий, производства современных кровельных и гидроизоляционных материалов, антикоррозионной защиты строительных изделий и конструкций, полимерных и полимерцементных растворов и бетонов и т. п.

РАЗДЕЛ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ

В зависимости от происхождения, химического и вещественного состава органические вяжущие делят на следующие группы:

- черные вяжущие (битумы и дегти);
- природные смолы, клеи и полимеры;
- синтетические полимерные продукты.

Самая обширная группа органических вяжущих — синтетические полимеры. Их получают из низкомолекулярных продуктов (мономеров) полимеризацией и поликонденсацией. Специфическая группа полимеров — каучуки и каучукоподобные полимеры.

В зависимости от отношения к нагреванию и растворителям органические вяжущие делят на термопластичные и термореактивные.

Термопластичными называют вещества, которые при нагревании переходят из твердого состояния в жидкое (плавятся), а при охлаждении вновь затвердевают.

К термопластам относятся битумы, смолы, многие широко распространенные полимеры: полиэтилен, поливинилхлорид, полистирол и др.

Термореактивными называют вещества, у которых переход из жидкого состояния в твердое происходит необратимо. Такое необратимое твердение происходит не только под действием нагрева, но и под действием веществ-отвердителей, УФ- и γ -излучения и других факторов. Термореактивные полимеры, как правило, более теплоустойчивы, чем термопластичные [2].

К термореактивным органическим вяжущим относятся, например, эпоксидные и полиэфирные олигомеры (смолы), олифы, каучуки в смеси с вулканизаторами и др.

В зависимости от состава, свойств, исходного сырья и технологии получения органические вяжущие могут быть классифицированы следующим образом:

1. По составу и свойствам:

- битумы;
- дегти;
- синтетические полимерные продукты.

1.1. Битумы — это сложная и непостоянная по химическому составу смесь высокомолекулярных углеводородов нафтенового, метанового и ароматического рядов и их неметаллических производных. Основными группами углеводородов, входящих в состав битумов, являются: парафиновые (насыщенные ациклические), нафтеновые (насыщенные циклические), ароматические, гетероциклические и гибридного строения.

По классическому международному определению битумы представляют собой твердые или жидкие водонерастворимые органические материалы, состоящие из смеси углеводородов и их сернистых, кислородных и азотистых производных, растворимых в сероуглероде или четыреххлористом углероде. Битумы (от лат. bitumen — смола) — при комнатной температуре вязкопластичные или твердые вещества черного или темно-коричневого цвета. В зависимости от происхождения битумы могут быть природные и искусственные (техногенные); источником образования или получения битумов и в том, и в другом случае является нефть.

1.2. Дегтями называются органические материалы, получаемые путем конденсации летучих продуктов, образующихся при нагревании до высоких температур каменного и бурого угля, сланцев, торфа, древесины. Деготь представляет собой вязкую темно-бурюю жидкость с характерным «дегтярным» запахом.

Деготь является побочным продуктом при коксовании углей (то есть при высокотемпературной — до 1000 °С — обработке каменных углей с целью получения кокса).

Сырой деготь практически не применяется. Его разгоняют, получая растворители, различные масла (антраценовое, креозотовое и др.) и твердообразное вещество — пек.

Пек (от голл. *pek* — смола) — аморфный хрупкий при обычных температурах остаток от перегонки сырого дегтя при температуре более 360 °С. Он состоит из смолистых веществ, «свободного углерода», антрацена, масел и других слаболетучих соединений. Пек применяют для получения составного дегтя сплавлением его с маслами и пекового лака растворением его в ароматических растворителях.

Дегти состоят из высокомолекулярных ароматических углеводородов и их неметаллических производных. Чаще используются каменноугольные дегти.

Каменноугольный деготь представляет собой вещество сложной дисперсной структуры. Свободный углерод и твердые смолы являются дисперсной фазой, а масла — дисперсионной средой системы.

В каменноугольном дегте содержатся следующие группы веществ:

- твердые, углистые, неплавкие вещества, которые называются свободным углеродом и состоят из сложных органических соединений (со значительным содержанием углерода) и частиц угля, механически занесенных в смолу при ее получении;
- твердые неплавкие дегтевые смолы;
- вязкие смолы;
- жидкие дегтевые масла.

Дегти менее атмосферостойки, чем битумы. Под действием солнечного излучения и кислорода они окисляются, превращаясь в твердые хрупкие продукты; это объясняется наличием в дегте, в отличие от битума, активных реакционноспособных соединений. В дегтях (в качестве примесей) содержатся токсичные вещества (фенолы, антрацен, нафталин). Из-за своей токсичности дегти в строительстве (например, в дорожном строительстве в населенных пунктах) в настоящее время не применяются.

Общий недостаток битумов и дегтей — узкий интервал температур, при которых материалы на их основе прочны и эластичны. При понижении температуры до 0...–10 °С они становятся хрупкими, а при повышении до +40...+60 °С начинают течь. Для расширения интервала эксплуатационных температур битумы и дегти модифицируют, добавляя термопластичные полимеры и каучуки.

Битумы используются для получения клеящих и гидроизоляционных материалов, а также для получения специальных дорожных бетонов — асфальтобетонов. Дегти и материалы на их основе из-за токсичности на сегодняшний день почти не применяются. Битумы для получения долговечных материалов модифицируют.

2. По виду сырья и технологии получения:

- природные битумы;
- нефтяные битумы;
- сланцевые битумы.

Месторождения нефтяных битумов и асфальтов бывают следующих видов:

1. Образовавшиеся в результате просачивания на поверхность земли.
Это асфальтовые или битумные озера, в которых содержание чистого битума или асфальта может достигать 50–90%.
2. Пластовые месторождения, образовавшиеся при пропитывании битумами или асфальтами пустот песчаников или известняков.
3. Жильные месторождения, возникающие при проникновении битума или асфальта в трещины горных пород (почти лишены минеральных примесей).
4. Месторождения смешанного жильно-пластового характера.

2.1. Природные битумы являются продуктами естественного видоизменения нефти, протекающей в земной коре близко к поверхности в течение длительного времени. Нефть постепенно теряет летучие фракции, полимеризуется и сгущается, превращаясь в природный битум. Образуются битумные линзы или озера (рис. 2).

В чистом виде (без минеральных примесей или с незначительным их содержанием) природные битумы встречаются редко, поэтому их



Рис. 2. Природное озеро Пич-Лейк (Тринидад)

добывают вместе с горными (битуминозными) породами верхнего слоя земной коры. К таким породам относятся песчаники, известняки, доломиты, глины и пески, поры которых пропитаны битумом. Битум извлекают из измельченной горной породы вываркой в кипящей воде или экстрагированием с помощью органических растворителей. Этот процесс целесообразен, если содержание битума в породах превышает 10–15%.

По отношению к природным битумам применяются три различных понятия:

- генетическое — каустобиолиты ряда нефти, до высших антраксалитов и нефтяного кокса;
- аналитическое — сумма органических веществ, извлекаемых из горных пород органическими растворителями;
- техническое — вещества с определенными техническими свойствами, используемые в промышленности, включая и продукты переработки.

Каустобиолиты — горючие полезные ископаемые, содержащие большое количество углерода, органического происхождения, представляющие собой продукты преобразования остатков растительных, реже животных, организмов под воздействием геологических факторов. Из каустобиолитов можно особо выделить большую группу пород, используемых как ископаемое топливо: нефть, каменный уголь, горючий сланец, природный газ и его гидраты, торф и другие горючие минералы и вещества.

Антраксалиты — группа природных твёрдых высокоуглеродистых соединений, нерастворимых в органических растворителях.

По литологии битуминозные породы и природные битумы делятся на три типа: терригенные (мельчайшие продукты истирания горных пород), карбонатные, терригенно-карбонатные.

Литология (от др.-греч. «камень» + «учение») — важная часть петрографии, изучающая состав, структуру, происхождение и изменение осадочных пород, закономерности и условия образования геологических осадков.

Содержание битума в породе различается (табл. 1).

Плотность природных битумов 1050–1150 кг/м³, температура размягчения 110–210 °С. По сравнению с нефтяными природные битумы обладают лучшей адгезией (адгезия от лат. *adhaesio* — прилипа-

Таблица 1

Содержание битума в породе

Тип	1-й тип	2-й тип	3-й тип	4-й тип
Масс.%	1–3	3–5	5–10	Более 10

ние) к поверхностям различных материалов, в том числе к каменным материалам; хорошей теплоустойчивостью и большей долговечностью. Они используются для антикоррозионных покрытий и в качестве добавки в нефтяные битумы [3].

2.2. Нефтяные битумы являются одним из многочисленных продуктов переработки нефти или ее смолистых остатков на нефтеперерабатывающих заводах. Их иначе называют искусственными битумами. Нефтяное сырье по составу имеет следующую классификацию (табл. 2).

Таблица 2

Классификация нефтяного сырья по составу

	Содержание компонентов, масс.%			
	асфальтены	смолы	масла	углеродный остаток
Нефти	≤ 0,1–12,0	2–3	67–97	0,2–10,0
Тяжелые нефти	11–45	14–39	24–64	10,0–22,0
Нефтяные остатки	30	29–40	49	18,0–22,0

В соответствии с технологией получения битумы имеют различные наименования: остаточные, окисленные, крекинговые, компаундированные.

Остаточные битумы получают путем глубокого отбора масел из гудрона.

Гудрон — остаток после отгонки из мазута масляных фракций; он является основным сырьем для получения нефтяных битумов, используется в виде связующего вещества в дорожном строительстве.

При нормальной температуре остаточные битумы — это твердые или полутвердые продукты относительно малой вязкости.

Для повышения вязкости остаточные битумы или гудрон подвергают окислению, продувая через них воздух при повышенной темпе-

ратуре (200–250 °С). При продувке под воздействием кислорода нефтяные остатки окисляются и уплотняются, их вязкость повышается, в результате чего получают окисленные битумы.

Окисленные битумы более погодостойки, чем остаточные, и по долговечности не уступают природным битумам. Большая часть дорожных и строительных битумов производится способом окисления.

Крекинговые битумы получают окислением (продувкой воздуха) остатков, образующихся при переработке мазута.

Компаундированные битумы (смешанные) получают смешиванием в различных соотношениях разнообразных нефтепродуктов, прежде всего гудрона, остаточных, крекинговых, окисленных битумов и др.

Технология приготовления компаундированных битумов заключается в разогреве компонентов до жидкого состояния и смешивания их в необходимой пропорции. При необходимости для улучшения свойств битумов можно при перемешивании вводить различные добавки (ПАВ, некоторые полимеры и др.).

Компаундированные битумы обладают более стабильными свойствами.

2.3. Сланцевые битумы являются органическими вязущими веществами, которые получают нагреванием горючих сланцев без доступа воздуха. Их получают при нагревании сланцев в специальных печах до 550 °С, при этом выделяются газ, низкотемпературная смола и полукокс. После отгонки из смолы всех фракций получается вязкий остаток, который может быть использован как жидкий битум или может подвергаться окислению для получения более вязкого продукта.

Сланцевые битумы обеспечивают лучшее сцепление с поверхностью каменных материалов, но имеют более низкую погодоустойчивость, чем нефтяные битумы.

3. По консистенции:

- твердые битумы — твердые и хрупкие при нормальной температуре;
- пластичные (вязкие) битумы — полутвердые и пластичные при обычной температуре;
- жидкие битумы — полужидкие при нормальной температуре и содержащие в своем составе летучие углеводороды;
- битумные эмульсии — дисперсии органического вязущего в воде с добавкой эмульгаторов, придающих системе устойчивость.

РАЗДЕЛ 2. СОСТАВ И СТРУКТУРА БИТУМОВ

Химический состав битумов и их структура характеризуются в большой степени видами углеводородных соединений, образующих битум.

Элементарный химический состав битумов довольно стабилен. В битумах содержится 80–87% углерода, 10–12% водорода, 5–10% кислорода, 2–5% серы, 3% азота. Однако элементарный химический состав не дает представления о соединениях, находящихся в битумах, о связи между составом и свойствами этих материалов. Поэтому в битумах выделяют отдельные группы углеводородов, близкие по составу и свойствам. Эти группы рассматриваются как отдельные компоненты битума, содержание которых сказывается на его основных технических свойствах. Такой состав битумов называется групповым составом.

В битумах различают основные группы углеводородов — жидкие, вязкие и твердые.

К жидким относятся масла: вещества маловязкие светло-желтого цвета с плотностью менее 1 г/см^3 и молекулярной массой 300–800, растворяющиеся в легком бензине. Они состоят из углеводородов ($\approx 85\text{--}88\%$) с молекулярной массой 100–500, водорода ($\approx 10\text{--}14\%$), серы (до 4%) и незначительного количества кислорода и азота. Масла придают битуму вязкость и термопластичность. Повышенное содержание масел в битуме придает им подвижность и текучесть, увеличивает испаряемость и снижает температуру размягчения [4].

К вязким составляющим относятся смолы — углеводороды более сложного состава, темно-коричневого цвета, плотностью около 1 г/см^3 и молекулярной массой около 1000 и более, растворяющиеся в бензине и других растворителях. По химическому составу они в основном относятся к гетероциклическим ароматическим высокомолекулярным соединениям. Гетероциклические соединения (гетероциклы) — органические соединения, содержащие циклы, в состав которых наряду с углеродом входят и атомы других элементов. В состав соединений входит углерод ($\approx 80\text{--}87\%$), водород ($\approx 10\text{--}18\%$), кислород ($\approx 1\text{--}10\%$) и сера ($\approx 1\text{--}1,5\%$). Смолы придают битумам вязкие (клеящие) свойства, так как характеризуются хорошей адгезией, и пластичность (эластичность и растяжимость).

К твердым составляющим относятся высокомолекулярные вещества: асфальтены, карбены и карбоиды, асфальтогеновые кислоты, парафины.

Асфальтены — тяжелые, твердые, неплавкие вещества с молекулярной массой до 5000, черного цвета, плотностью несколько большей 1 г/см^3 , растворимы только в хлороформе и сероуглероде. Являются важной составляющей битумов, так как влияют на структурообразование, температуроустойчивость, вязкость и твердость.

Карбены и карбоиды — твердые вещества с высоким содержанием углерода, практически нерастворимые в органических растворителях. По составу схожи с асфальтенами, но содержание углерода в них больше. Имеют бóльшую плотность. Цвет темный. Содержатся в битумах в небольших количествах и повышают их хрупкость и вязкость.

Асфальтогеновые кислоты — смолообразные вещества серо-коричневого цвета с плотностью более 1 г/см^3 . Асфальтогеновые кислоты способствуют более интенсивной адгезии битумов.

Парафины относятся к твердым метановым углеводородам, они светлого цвета, имеют общую формулу $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ($n \geq 16$), в расплавленном состоянии обладают низкой вязкостью и снижают морозостойкость битумов. Парафин, содержащийся в нефтяных битумах, получаемых из высокопарафинистой нефти, ухудшает их свойства, повышает хрупкость при пониженных температурах. Поэтому стремятся к тому, чтобы содержание парафина в битуме не превышало 5%.

Примерный **групповой состав битумов** следующий: масла — 40–60%, смолы — 20–40%, асфальтены — 10–25%, карбены и карбоиды — 1–3%.

Соотношение различных соединений (компонентов) в битумах не является постоянным; следовательно, у битумов с разным составом свойства будут различны.

Под действием тепла, света, кислорода и других внешних факторов масла, смолы, карбены и карбоиды частично испаряются, переходят из более простых в более сложные, что сопровождается повышением плотности, хрупкости, вязкости и изменением других свойств битумов. Такой процесс носит название естественного старения битумов.

По современным представлениям все битумы следует рассматривать как сложные коллоидные растворы асфальтенов и части близких к ним по структуре и свойствам смол в среде из нефтяных масел.

В зависимости от внешних условий битумы могут находиться в различных термодинамических состояниях, проходя последовательно все стадии от жидкостей до пластичных, а затем и твердых тел.

В зависимости от содержания и соотношения основных структурообразующих компонентов, асфальтенов, смол и масел в битумах можно выделить три типа структур.

Структура I типа

Характеризуется образованием коагуляционной сетки-каркаса, состоящей из макромолекул асфальтенов с адсорбированными на их поверхности смолами, находящихся в среде масел. Асфальтены, составляющие сетку, взаимодействуют друг с другом полярными участками через тонкие прослойки дисперсионной среды. Битумы этого типа обычно содержат свыше 25% асфальтенов, менее 25% смол и более 50% масел (рис. 3). Такая структура характерна для твердых битумов (рис. 4) при нормальной температуре.

Практические способы перевода твердых битумов в рабочее состояние:

1. Нагревание до 140–170 °С. Размягчаются смолы и увеличивается их растворимость в маслах.
2. Растворение битума в органическом растворителе (зеленое нефтяное масло и др.), что придает битуму рабочую консистенцию



Рис. 3. Схема структуры твердого битума:

- 1 — мицелла; 2 — раствор смол в маслах;
3 — асфальтены (ядро мицеллы размером 18–29 мкм);
4 — смолы (оболочка мицеллы)



Рис. 4. Твердый битум

без нагрева. Используется, например, для получения холодных мастик.

3. Эмульгирование. Используется для получения битумных эмульсий и паст.

Структура II типа

Представляет собой стабилизированную суспензию асфальтенов в структурированной смолами дисперсной среде — маслах. Структура этого типа обусловлена прочностью связей среднемолекулярной составляющей битума — смол и отсутствием структурных связей между асфальтенами вследствие их малого содержания. Битумы этого типа обычно содержат не более 20% асфальтенов, свыше 35% смол и менее 50% масел (рис. 5). Такая структура характерна для жидких битумов (рис. 6) при нормальных температурах и для вязких битумов при повышенных температурах.

Мицеллы (уменьшительное от лат. *micra* — частица, крупинка) — частицы в коллоидных системах, состоят из нерастворимого в данной среде ядра очень малого размера, окруженного стабилизирующей оболочкой.

Структура III типа

Данная структура является промежуточной между структурами I и II типов. Количества асфальтенов в них достаточно, чтобы произо-

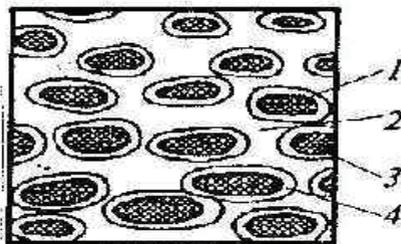


Рис. 5. Схема структуры жидкого битума:
 1 — мицелла; 2 — раствор смол в масле;
 3 — асфальтены (ядро мицеллы размером 18–29 мкм);
 4 — смолы (оболочка мицеллы)



Рис. 6. Жидкий битум

шло структурное взаимодействие по отдельным полярным участкам, но его не хватает для создания сплошного структурного каркаса. На верхней поверхности агрегатов и отдельных частиц асфальтенов ориентированно адсорбируются смолы. Взаимодействие отдельных агрегатов, асфальтенов и высокоструктурированных смол обеспечивает стабильность всей структуры. Битумы этого типа содержат

20–25% асфальтенов, более 30% смол и до 50% масел. Эта промежуточная структура характерна для большинства вязких битумов при нормальной температуре.

Разделение битумов по структуре на указанные три типа является достаточно условным, так как на физико-химические свойства битума будет оказывать существенное влияние не только соотношение основных групп углеводородов в битуме, но и их индивидуальный состав, свойства и др. Однако такая классификация дает возможность связать воедино состав, структуру и основные свойства битумов.

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БИТУМОВ

Битумы относятся к термопластичным материалам. В отличие от кристаллических веществ битумы, обладающие аморфным строением, не имеют определенной температуры плавления.

Битумы гидрофобны, атмосферостойки, водостойки, имеют плотное строение, пористость их практически равна нулю, поэтому они водонепроницаемы и морозостойки, у них повышенная деформативность.

Плотность битумов в зависимости от группового состава колеблется в пределах от 0,8 до 1,3 г/см³. Теплопроводность составляет 0,5–0,6 Вт/(м·°С). Теплоемкость 1,8–1,97 кДж/кг·°С. Коэффициент объемного теплового расширения при 25 °С находится в пределах от $5 \cdot 10^{-4}$ до $8 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Более вязкие битумы имеют больший коэффициент расширения.

Водостойкость битума характеризуется содержанием водорастворимых соединений — не более 0,2–0,3% по массе.

Битумы противостоят действию водных растворов многих кислот: фосфорной (с концентрацией до 85%), серной (с концентрацией до 50%), соляной (с концентрацией до 25%), уксусной (с концентрацией до 10%); также щелочей (с концентрацией до 45%) и солей.

Менее стойки битумы в атмосфере, содержащей оксиды азота, а также при действии концентрированных растворов кислот (особенно окисляющих). Битумы растворяются в большинстве органических растворителей.

Благодаря химической стойкости битумы и битумные материалы широко применяются для химической защиты железобетонных конструкций, стальных труб и т. п.

При положительных температурах битумы обладают определенной пластичностью, а при понижении температуры становятся хрупкими.

Старение битума — это процесс медленного изменения состава и свойств битума, сопровождающийся повышением хрупкости и снижением гидрофобности. Ускоряется под действием солнечного света, кислорода и воздуха вследствие возрастания количества твердых хрупких составляющих за счет уменьшения содержания смолистых веществ и масел.

3.1. Вязкость является важнейшим свойством битумов и зависит от группового состава и температуры. Наиболее существенное влияние на вязкость битума оказывает количественное соотношение асфальтенов и масел. С увеличением содержания асфальтенов вязкость повышается. Вязкость характеризуется условным показателем твердости и определяется по ГОСТ 11501–78 «Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы», а для битумов нефтяных дорожных — по ГОСТ 33136–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникания иглы» на приборе пенетрометре (рис. 7) по глубине проникания иглы в битум при температурах +25 °С и 0 °С. Глубина проникания иглы (пенетрация) — показатель, характеризующий твердость битумов и выраженный как расстояние в десятых долях миллиметра, на которое стандартная вертикально расположенная пенетрационная игла проникает в пробу битума при заданной нагрузке, температуре и времени погружения. Этот показатель определяют с помощью пенетрометра (рис. 7).

Глубина проникания иглы измеряется в угловых градусах круговой шкалы. Чем выше вязкость битума, тем меньше величина пенетрации.

Для определения глубины проникания иглы вначале подготавливают образцы.

Битум нагревают до подвижного состояния, наливают в пенетрационную чашку и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха. Чашку с битумом охлаждают при комнатной температуре в течение 60–90 мин., предохраняя от пыли. За 60 мин. до проведения испытания чашки с битумами ставят в водяную баню с температурой 25 °С для термостатирования.

Далее чашку с пробой битума помещают в плоскодонный сосуд с водой, имеющей температуру 25 °С, и устанавливают его на столлик прибора. Затем, нажав пусковую кнопку, подводят острие иглы к поверхности битума так, чтобы игла слегка касалась ее. Кремальеру опускают до касания с верхней площадкой плунжера и отмечают показания стрелки на циферблате. Далее, удерживая нажатой пусковую кнопку в течение 5 с, дают игле свободно погружаться в битум. Через 5 с кнопку отпускают, фиксируя глубину погружения иглы. Доводят кремальеру до верхней площадки плунжера и отмечают новое положение стрелки на циферблате.

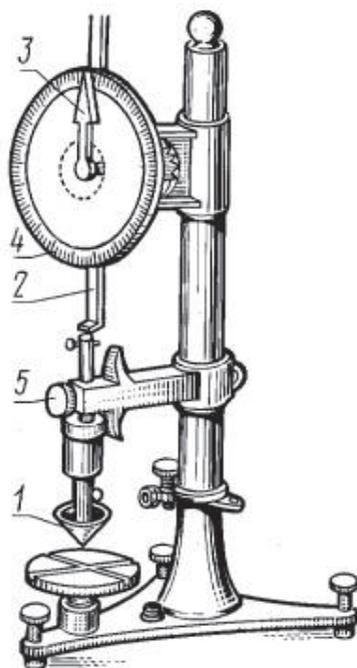


Рис. 7. Пенетромтр: 1 — конус (игла); 2 — кремальера; 3 — стрелка циферблата; 4 — циферблат; 5 — пусковая кнопка

Глубину проникания иглы в битум выражают в угловых градусах, вычисляя разницу между двумя показаниями стрелки циферблата. Каждый угловой градус соответствует глубине проникания иглы 0,1 мм.

Испытания повторяют на одном образце не менее трех раз в различных точках, отстоящих от краев чашки и друг от друга не менее чем на 10 мм. За глубину проникания иглы принимают среднее арифметическое значение трех результатов.

Согласно ГОСТ 33136–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникания иглы» для битумов нефтяных дорожных вязких очень важное значение имеют температура и рабочие параметры испытаний на пенетромтре (табл. 3).

Таблица 3

Зависимость рабочих параметров испытаний на пенетрометре от температуры испытания

Температура испытания, °С	Общая масса стержня иглы и дополнительного груза, г	Время испытания, с
0,0 ± 0,1	200,00 ± 0,20	60
25,0 ± 0,1	100,00 ± 0,15	5

Также для битумов нефтяных дорожных вязких очень важным показателем является индекс пенетрации, который определяют по ГОСТ 33134–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Определение индекса пенетрации».

Индекс пенетрации — это расчетный показатель, характеризующий степень изменения дисперсного состояния битума в зависимости от значений показателей: глубины проникания иглы при температуре 25 °С (определяемой по ГОСТ 33136–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникания иглы») и температуры размягчения битума (определяемой по ГОСТ 33142–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и шар»).

Индекс пенетрации (ИП) вычисляют по формуле (1) и округляют до четвертого десятичного знака:

$$\text{ИП} = \frac{30}{1 + 50A} - 10, \quad (1)$$

где A — коэффициент, который вычисляют по формуле (2) и округляют до первого десятичного знака:

$$A = \frac{2,9031 - \log \Pi}{T - 25}, \quad (2)$$

где Π — глубина проникания иглы при 25 °С, равная 0,1 мм; T — температура размягчения битума, °С.

3.2. Температура размягчения является условным показателем, т. к. битум — это сложная коллоидная система и его вязкость изме-

няется в широком интервале температур. Температура размягчения — температура, выраженная в градусах Цельсия, при которой образец битума переходит в вязкотекучее состояние и под действием веса стального шарика касается нижней пластины прибора. Температура размягчения характеризует вязкость битума при повышенных температурах. При нагревании битум постепенно переходит из вязкопластичного в жидкое состояние. Этот показатель определяется на приборе «Кольцо и шар» (рис. 8) по ГОСТ 11506–73 «Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу

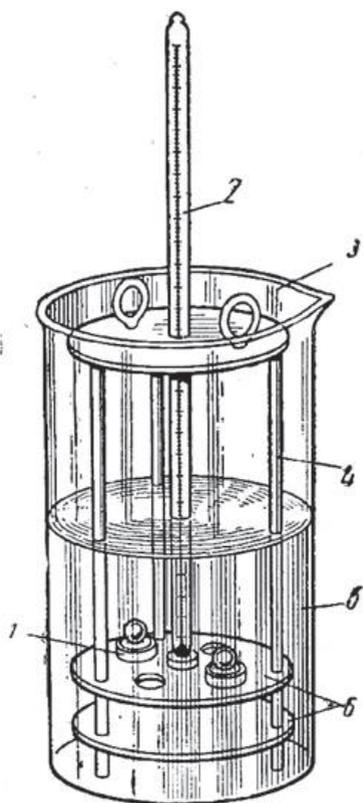


Рис. 8. Прибор «Кольцо и шар»:
1 — латунные кольца; 2 — термометр; 3 — стакан;
4 — штатив; 5 — вода; 6 — два рабочих диска

и шару», а также может быть определен по ГОСТ 32054–2013 «Битумы нефтяные. Определение температуры размягчения по кольцу и шару». Стандарт устанавливает требования к методу определения температуры размягчения битумов по кольцу и шару в диапазоне от 30 до 157 °С (от 86 до 315 °F).

Сущность этого метода определения температуры заключается в следующем: латунные кольца внутренним диаметром 16 мм и высотой 4,4 мм заполняют нагретым до подвижного состояния битумом, охлаждают в течение 30 мин. и выравнивают поверхность. Далее в центре каждого кольца на поверхность битума помещают стальной шарик диаметром 9,5 мм и массой 3,5 г.

Кольца с битумом вставляются в стандартный штатив, который погружается в химический стакан с водой (уровень воды над поверхностью колец должен составлять не менее 50 мм). В отверстие крышки вставляют термометр. Прибор устанавливают на нагревательный прибор, обеспечивая строго горизонтальное положение колец. Температура нагрева воды после первых трех минут должна подниматься со скоростью около 5 °С в минуту.

Температура, при которой битум размягчится настолько, что, выдавливаемый шариком, он коснется нижнего диска прибора, принимается за температуру размягчения.

Показатель температуры размягчения для вязких битумов может колебаться в пределах от +25 до +90 °С и выше.

3.3. Пластичность битумов характеризуется растяжимостью (дуктильностью) и определяется на приборе дуктилометре (рис. 9) по ГОСТ 33138–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения растяжимости». Стандарт распространяется на вязкие дорожные нефтяные битумы (далее — битумы), используемые в качестве вяжущего материала при строительстве, реконструкции и ремонте дорожных покрытий, и устанавливает метод определения растяжимости (дуктильности).

Растяжимость — показатель, характеризующий расстояние, при котором растягиваемый с постоянной скоростью образец битума вытягивается в нить до разрыва.

Суть метода заключается в измерении максимальной длины в сантиметрах, на которую может растянуться без разрыва битум,

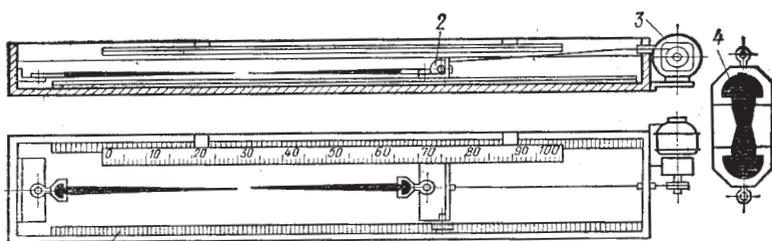


Рис. 9. Дуктилометр: 1 — червячный винт; 2 — салазки;
3 — мотор дуктилометра; 4 — формы-восьмерки

залитый в специальную форму, раздвигаемую с заданной скоростью при заданной температуре.

Формы-восьмерки заполняют разогретым битумом. После охлаждения формы устанавливаются в дуктилометр на подвижную и неподвижную платформы.

Ванна заполняется водой, имеющей температуру $+25 \pm 0,5$ °С. Для поддержания заданной температуры периодически добавляют горячую воду. Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25 мм.

Испытания проводят не менее чем на трех образцах и за итоговый результат принимают среднее арифметическое трех измерений.

Пластичность битума, как и вязкость, зависит от группового состава, структуры и температуры.

Высокие пластические свойства у битумов наблюдаются при значительном содержании смол и оптимальном содержании асфальтенов и масел. Существует определенная зависимость: чем больше вязкость, тем меньше пластичность битумов.

Для вязких битумов растяжимость может изменяться от 1 до 100 см и выше.

3.4. Температура вспышки определяется по ГОСТ 4333–2014 «Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле» и по ГОСТ 33141–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод с применением открытого тигля Кливленда».

Температура вспышки в открытом тигле — это минимальная температура с поправкой на нормальное атмосферное давление, при

котором пары битума, нагреваемого в определенных условиях, образуют с окружающим воздухом смесь, воспламеняемую при поднесении к ней открытого пламени.

Температура вспышки определяется по методу Кливленда.

Сущность метода заключается в нагревании пробы в открытом тигле с установленной скоростью до тех пор, пока не произойдет вспышка паров нефтепродукта над его поверхностью от зажигательного устройства (температура вспышки) и пока при дальнейшем нагревании не произойдет загорание продукта с продолжительностью горения не менее 5 с (температура воспламенения).

Это свойство важно с точки зрения пожарной безопасности работ, связанных с нагревом битума.

Для вязких битумов температура вспышки должна быть выше 200 °С.

3.5. Марки битумов и их физико-механические свойства

В зависимости от назначения битумы подразделяются на:

- строительные (БН) (для изготовления мастик, гидроизоляции и др.);
- кровельные (БНК) (для мягких кровельных материалов);
- дорожные (БНД) (для асфальтобетонов).

Битум каждого типа в зависимости от состава может иметь различные марки.

Согласно ГОСТ 6617–76 «Битум нефтяной строительный. Технические условия» битум нефтяной строительный (БН) имеет следующие марки (табл. 4).

Таблица 4

Марки битума нефтяного строительного

Наименование показателя	Норма для марки		
	БН 50/50	БН 70/30	БН 90/10
1. Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	41–60	21–40	5–20
2. Температура размягчения по кольцу и шару, °С	50–60	70–80	90–105
3. Растяжимость при 25 °С, не менее	40	3,0	1,0
4. Растворимость,%, не менее	99,50	99,50	99,50
5. Изменение массы после прогрева,%; не более	0,50	0,50	0,50
6. Температура вспышки, °С, не ниже	230	240	240

Битумы нефтяные строительные предназначаются для производства кровельных и гидроизоляционных работ, а также для изготовления асфальтовых бетонов и растворов.

Согласно ГОСТ 9548–74 «Битумы нефтяные кровельные. Технические условия» битумы нефтяные кровельные (БНК) имеют следующие марки (табл. 5).

Таблица 5

Марки битума нефтяного кровельного

Наименование показателя	Норма для марки		
	БНК 40/180	БНК 45/190	БНК 90/30
1. Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	160–210	160–220	25–35
2. Температура размягчения по кольцу и шару, °С	37–44	40–50	80–95
3. Температура хрупкости, °С, не выше	–	–	–10
4. Растворимость в толуоле или хлороформе, %, не менее	99,50	99,50	99,50
5. Изменение массы после прогрева, %, не более	0,80	0,80	0,50
6. Глубина проникания иглы при 25 °С в остатке после прогрева, % от первоначальной величины, не менее	60	60	70
7. Температура вспышки, °С, не ниже	240		

Битумы нефтяные кровельные (БНК) применяются для пропитки основы и нанесения покровного слоя при производстве кровельных и гидроизоляционных материалов.

Дробное число в марках строительных и кровельных нефтяных битумов означает следующее: числитель — минимальная температура размягчения; знаменатель — средняя величина глубины проникания иглы при +25 °С в градусах круговой шкалы.

Дорожные битумы делятся на вязкие и жидкие.

Согласно ГОСТ 22245–90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия» битумы нефтяные дорожные вязкие имеют следующие марки (табл. 6).

Битумы нефтяные дорожные преимущественно используются в качестве связующего материала при строительстве дорожных

Таблица 6
Марки битума нефтяного дорожного вязкого

Наименование показателя	Норма для марки								
	БНД 200/300	БНД 130/200	БНД 90/130	БНД 60/90	БНД 40/60	БН 200/300	БН 130/200	БН 90/130	БН 60/90
1. Глубина проникания иглы, 0,1 мм: – при 25 °С – при 0 °С, не менее	201–300 45	131–200 35	91–130 28	61–90 20	40–60 13	201–300 24	131–200 18	91–130 15	60–90 10
2. Температура размягчения по кольцу и шару, °С, не ниже	35	40	43	47	51	33	38	41	45
3. Растяжимость, см, не менее: – при 25 °С – при 0 °С	– 20	70 6,0	65 4,0	55 3,5	45 –	– –	80 –	80 –	70 –
4. Температура хрупкости, °С, не выше	–20	–18	–17	–15	–12	–14	–12	–10	–6
5. Температура вспышки, °С, не ниже	220	220	230	230	230	220	230	240	240
6. Изменение температуры размягчения после прогрева, °С, не более	7	6	5	5	5	8	7	6	6

и аэродромных покрытий. Дробное число в обозначении марки показывает пределы изменения глубины проникания иглы в битум при температуре +25 °С в градусах угловой шкалы. Марки вязких битумов различаются по свойствам и областям применения. Например:

БНД 200/300 применяют для поверхностной обработки покрытий в районах с холодным климатом, а также для приготовления теплых асфальтобетонных и битумно-минеральных щебеночных гравийных смесей.

БНД 130/200 применяют в дорожном и гидротехническом строительстве для поверхностной обработки покрытий в районах с умеренным климатом, для пропитки щебеночных покрытий в районах с холодным и умеренным климатом, для приготовления горячих асфальтобетонных и битумно-минеральных смесей в районах с холодным климатом.

БНД 90/130 применяют для пропитки дорожных щебеночных покрытий в районах с умеренным климатом, для приготовления горячих асфальтобетонных и битумно-минеральных смесей в районах с умеренным климатом, а также при поверхностной обработке покрытий в районах с теплым климатом.

БНД 60/90 применяют для пропитки дорожных покрытий в районах с теплым климатом, а также для приготовления горячих асфальтобетонных и битумно-минеральных смесей в районах с теплым климатом.

БНД 40/60 применяют для приготовления асфальтобетонных и битумно-минеральных смесей в районах с температурой выше +30 °С.

Кроме ГОСТ 22245–90 для битумов нефтяных дорожных вязких может быть использован более новый стандарт — ГОСТ 33133–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования».

Данный стандарт распространяется на вязкие дорожные нефтяные битумы, используемые в качестве вяжущего материала при строительстве и ремонте дорожных покрытий и оснований, а также в качестве основы для производства модифицированных битумов и битумных эмульсий, и устанавливает технические требования к ним.

В зависимости от значения показателя «глубина проникания иглы при 25 °С» вязкие дорожные нефтяные битумы подразделяют

на следующие марки: БНД 130/200, БНД 100/130, БНД 70/100, БНД 50/70, БНД 35/50, БНД 20/35.

По физико-химическим показателям битумы данных марок должны соответствовать следующим требованиям и нормам (табл. 7).

Таблица 7

**Физико-химические показатели битумов
вязких нефтяных дорожных**

Наименование показателя	Норма для битума марки					
	БНД 130/200	БНД 100/130	БНД 70/100	БНД 50/70	БНД 35/50	БНД 20/35
Основные показатели						
Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	131–200	101–130	71–100	51–70	36–50	20–35
Температура размягчения по кольцу и шару, °С, не ниже	42	45	47	51	53	55
Растяжимость при 0 °С, см, не менее	6,0	4,0	3,7	3,5		
Температура хрупкости, °С, не выше	–21	–20	–18	–16	–14	–11
Температура вспышки, °С, не ниже	220	230	230	230	230	230
Изменение массы образца после старения, %, не более	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
Изменение температуры размягчения после старения, °С, не более	7	7	7	7	6	6
Дополнительные показатели						
Динамическая вязкость (при 1,5 с ⁻¹ при 60 °С), Па · с	Для сбора статистических данных					
Изменение динамической вязкости в результате сдвигового воздействия (при 1,5 с ⁻¹ при 60 °С), %, не более	Для сбора статистических данных					
Изменение динамической вязкости после старения (при 1,5 с ⁻¹ при 60 °С), Па · с	Для сбора статистических данных					

Наименование показателя	Норма для битума марки					
	БНД 130/200	БНД 100/130	БНД 70/100	БНД 50/70	БНД 35/50	БНД 20/35
Изменение динамической вязкости в результате сдвигового воздействия после старения, (при $1,5 \text{ с}^{-1}$ при $60 \text{ }^\circ\text{C}$),%, не более	Для сбора статистических данных					
Растяжимость при $25 \text{ }^\circ\text{C}$, см, не менее	80	70	62	60	50	40
Максимальное усилие при растяжении при $25 \text{ }^\circ\text{C}$, Н	Для набора статистических данных					
Максимальное усилие при растяжении при $0 \text{ }^\circ\text{C}$, Н	Для набора статистических данных					
Температура хрупкости после старения, $^\circ\text{C}$, не выше	-18	-17	-15	-13	-11	-8
Глубина проникания иглы, при $0 \text{ }^\circ\text{C}$, 0,1 мм, не менее	40	30	21	18	14	10
Растяжимость,%, не менее	99					
Содержание твердых парафинов,%, не более	3					
Индекс пенетрации	От -1,0 до +1,0					

Температура хрупкости — температура, выраженная в градусах Цельсия, при которой образец битума разрушается при изгибе под действием кратковременно приложенной нагрузки. Она определяется по ГОСТ 33143–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу».

Индекс пенетрации — расчетный показатель, характеризующий степень изменения дисперсного состояния битума в зависимости от значений показателей «температура размягчения» и «глубина проникания иглы при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ». Он определяется по ГОСТ 33134–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Определение индекса пенетрации».

Область применения марок битумов в дорожном строительстве, согласно стандарту, зависит от температуры наиболее холодного времени года, т. е. от климатических условий (табл. 8).

Таблица 8

Зависимость применения марок битума от климатических условий

Среднемесячные температуры наиболее холодного времени года, °С	Марка битума
Не выше минус 20	БНД 100/130, БНД 130/200
От минус 20 до минус 10	БНД 50/70, БНД 70/100, БНД 100/130, БНД 130/200
От минус 10 до плюс 5	БНД 50/70, БНД 70/100, БНД 100/130, БНД 130/200
Не ниже плюс 5	БНД 20/35, БНД 35/50, БНД 50/70, БНД 70/100, БНД 100/130

Жидкие битумы для дорожного строительства делят на три класса в зависимости от скорости формирования структуры:

БГ — быстрогустеющие (выпускают три марки: БГ 25/40, БГ 40/70 и БГ 70/130);

СГ — густеющие со средней скоростью (выпускают четыре марки: СГ 25/40, СГ 40/70, СГ 70/130 и СГ 130/200);

МГ — медленно густеющие (выпускают четыре марки: МГ 25/40, МГ 40/70, МГ 70/130 и МГ 130–200.

3.6. Модификация битумов для улучшения их эксплуатационных свойств

Интервал температуры эксплуатации битума характеризуется интервалом его пластического состояния, т. е. разницей между температурой размягчения и температурой хрупкости. Для того чтобы увеличить этот интервал, необходимо понизить температуру застывания и повысить температуру размягчения [7]. Для увеличения интервала используют следующие способы.

1. Введение модифицирующих добавок.

Наполнители — известняк, каолин, асбест, тальк, технический углерод (П-234, П-324, П-503). Могут вводиться также антиоксиданты — для снижения скорости старения покрытия, биоциды — для стойкости к биологическим повреждениям, антипирены — для огнестойкости.

Пластификаторы — низкомолекулярные вещества, способные совмещаться с битумом и уменьшать вязкость. Основными пласти-

факторами являются масла: антраценовое, дизельное и т. д. Эти вещества повышают морозостойкость битумов, водостойкость и растяжимость, но могут снижать теплостойкость.

Модификация битумов различными полимерами сейчас является самым распространенным способом повышения качества битумов. Наиболее распространёнными являются: АПП (атактический полипропилен), СБС (стирол-бутадиен-стирол) и ЭПБ (этиленпропилен-бутен).

2. Смешивание битума, содержащего много асфальтенов, с продуктами, содержащими много низкомолекулярных ароматных масел с низкой температурой застывания и невысокой вязкостью.
3. Окисление расплавленного битума воздухом.
4. Окисление в присутствии хлоридов железа или окиси фосфора.

РАЗДЕЛ 4. ЖИДКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Для получения органических вяжущих с низкой первоначальной вязкостью используют два приема: введение в состав вяжущего легко испаряющихся органических жидкостей (разжижителей); получение эмульсий.

Органические вяжущие с повышенным содержанием легких фракций могут получаться следующими способами:

- как остаточные продукты после переработки нефти (жидкие нефтяные битумы) или частичной разгонки сырых каменноугольных смол (некоторые каменноугольные дегти);
- разжижением вязких органических материалов (битума, пека и др.).

Наиболее распространенным способом является смешение двух или более компонентов, количество которых подбирается так, чтобы смесь давала вяжущие надлежащих свойств.

В качестве разжижителей для получения жидких органических материалов применяют керосин, лигроин, смолистые нефти, крекинг-остаток, дегтевые и сланцевые масла и др.

Вода не может быть применена как обычный разжижитель для битумов и дегтей, так как она и органические вяжущие материалы не смешиваются и не растворяются друг в друге вследствие разницы в величине их поверхностных натяжений. Вода может служить разжижителем только в том случае, если она образует с органическими материалами устойчивую дисперсную систему — эмульсию.

Основными свойствами жидких органических вяжущих являются: первоначальная вязкость, скорость загустевания, фракционный состав, прилипание к каменным материалам, погодоустойчивость и т. д.

Вязкость определяют по ГОСТ 11503–74 «Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости» с помощью стандартного вискозиметра (рис. 10) путем измерения времени (в секундах) истечения определенного количества жидкого материала (обычно 50 см³) через калиброванное отверстие (5 или 10 мм) при соответствующей температуре.

Например, для жидких битумов вязкость составляет $C_{50}^5 = 45\text{--}200$ с, где верхняя цифра обозначает диаметр сточного отверстия в миллиметрах, нижняя — температуру испытания в градусах.



Рис. 10. Вискозиметр ВУБ-1

Вязкость органических вяжущих со временем повышается вследствие испарения содержащихся в них летучих компонентов, частичного окисления и полимеризации. Через некоторое время жидкие вяжущие постепенно загустевают и приобретают свойства, близкие к свойствам вязких органических материалов.

Жидкие органические вяжущие применяются в дорожном строительстве, производстве кровельных материалов, при кровельных и гидроизоляционных работах. Их применяют в холодном состоянии или разогретыми до температуры 40–90 °С.

Наиболее распространенными жидкими органическими вяжущими являются жидкие нефтяные дорожные битумы и битумные эмульсии.

Жидкие нефтяные дорожные битумы, имеющие жидкотекучее состояние при положительных температурах, используются в качестве вяжущего материала в асфальтобетонных смесях, применяемых как в холодном состоянии (с температурой 15–20 °С), так и в теплом (подогретом до температуры около 100 °С).

Жидкие нефтяные дорожные битумы получают преимущественно путем компаундирования вязкого битума с разжижителем.

Такие битумы часто называют разжиженными. Реже жидкие битумы получают в виде остатка от переработки нефти. Свойства разжиженных битумов в большей степени определяются свойствами используемых разжижителей.

Со временем жидкие битумы загустевают за счет испарения летучих фракций, окисления и других процессов.

Важнейшие свойства жидких битумов: вязкость, скорость загустевания, свойства остатка после испарения летучих фракций, адгезия, температура вспышки, погодоустойчивость и др. Важнейшим признаком разжижения битумов является скорость формирования их структуры.

Жидкие нефтяные дорожные битумы, применяемые в качестве вяжущего материала при строительстве дорожных покрытий, оснований и для других целей, должны соответствовать ГОСТ 11955–82 «Битумы нефтяные дорожные жидкие. Технические условия».

В зависимости от скорости формирования структуры жидкие битумы подразделяются на три класса:

- быстрогустеющие БГ;
- густеющие со средней скоростью, получаемые разжижением вязких дорожных битумов жидкими нефтепродуктами (СГ) и предназначенные для строительства капитальных и облегченных дорожных покрытий, а также для устройства их оснований во всех дорожно-климатических зонах страны;
- медленногустеющие, получаемые разжижением вязких дорожных битумов жидкими нефтепродуктами (МГ) и получаемые из остаточных или частично окисленных нефтепродуктов или их смесей (МГО), предназначенные для получения холодного асфальтобетона, а также для строительства дорожных покрытий облегченного типа и оснований во II–V дорожно-климатических зонах и других целей.

Класс битума устанавливается по количеству испарившегося разжижителя при выдерживании образца битума в термостате при определенной температуре или вакуум-термостате.

В зависимости от класса и вязкости устанавливаются следующие марки жидких битумов:

БГ 25/40, БГ 40/70, БГ 70/130;

СГ 40/70, СГ 70/130, СГ 130/200;
 МГ 40/70, МГ 70/130, МГ 130/200;
 МГО 40/70, МГО 70/130, МГО 130/200.

Цифры в индексах марок битумов означают пределы условной вязкости по вискозиметру с отверстием 5 мм при 60 °С, в секундах.

Для получения разжиженных битумов используют вязкие дорожные битумы по ГОСТ 22245–90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия» с глубиной проникания иглы не более 90.

Фракционный состав нефтепродуктов, применяемых в качестве разжижителей, указан в табл. 9.

Таблица 9

Фракционный состав нефтепродуктов

	СГ	МГ
Температура начала кипения, °С, не ниже	145	–
50% перегоняется при температуре, °С, не выше	215	280
96% перегоняется при температуре, °С, не выше	300	360

В жидкие битумы для обеспечения требования по сцеплению с мрамором или песком при необходимости вводят поверхностно-активные вещества (анионные или катионные).

Согласно ГОСТ 11955–82 «Битумы нефтяные дорожные жидкие. Технические условия» жидкие нефтяные дорожные битумы имеют следующие марки (табл. 10).

Жидкие битумы — горючие вещества с температурой самовоспламенения не ниже 300 °С.

При разжижении вязких битумов в открытой системе температура битума, поступающего на смешение с разжижителем, не должна превышать 120 °С.

Перемешивание вязкого битума с разжижителем проводят инертным газом или циркуляцией.

При работе с жидкими битумами запрещается использовать открытый огонь.

Марки жидких нефтяных дорожных битумов

Наименование показателя	Норма для марок								
	СГ 40/70	СГ 70/130	СГ 130/200	МГ 40/70	МГ 70/130	МГ 130/200	МГО 40/70	МГО 70/130	МГО 130/200
Условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм при 60 °С, с	40–70	71–130	131–200	40–70	71–130	131–200	40–70	71–130	131–200
Количество испарившегося разжижителя, %, не менее	10	8	7	8	7	5	–	–	–
Температура размягчения остатка после определения количества испарившегося разжижителя, °С, не ниже	37	39	39	28	29	30	–	–	–
Температура вспышки, °С, не ниже	45	50	60	100	110	110	120	160	180

Подогрев жидких битумов следует проводить при помощи пара. Возможно использовать электроподогрев при условии хорошей изоляции нагревательных элементов.

Согласно ГОСТ 11955–82 «Битумы нефтяные дорожные жидкие. Технические условия» по степени транспортной опасности жидкие битумы относят к 9-му классу опасности, подклассу 9.1, категории 9.12 по ГОСТ 19433–88 «Грузы опасные. Классификация и маркировка».

Жидкие битумы классов СГ и МГ следует хранить в резервуарах, оборудованных предохранительной арматурой. Гарантийный срок хранения жидких битумов со дня изготовления для класса СГ — 6 месяцев; класса МГ — 8 месяцев; класса МГО — 1 год.

Эмульсии — это дисперсные системы, в которых одна жидкость (фаза) в виде мельчайших капель размерами до 1 мкм диспергирована (раздроблена) в другой жидкости (среде). В эмульсиях на органических вяжущих веществах диспергированной фазой является битум или деготь, а дисперсионной средой — вода.

Эмульсия — это нестабильная система. Образование и устойчивость эмульсии обеспечиваются путем введения в нее при приготовлении специальных эмульгаторов. Эмульгаторы — это поверхностно-активные вещества или тонкодисперсные твердые порошки.

Поверхностно-активные вещества, молекулы которых состоят из полярной и неполярной частей, ориентируются на границе раздела *органическое вяжущее — вода* таким образом, что неполярной частью они обращены к битуму (дегтю), а полярной — к воде.

Вследствие такой ориентации создается слой, снижающий поверхностное натяжение на границе раздела, а частицы фазы приобретают электрический заряд: положительный — при катионоактивном эмульгаторе, отрицательный — при анионоактивном эмульгаторе. Одноименно заряженные частицы отталкиваются. Это препятствует их слипанию и обуславливает высокую устойчивость эмульсии.

В зависимости от формы битумные эмульсии классифицируются на прямые и обратные.

Прямые эмульсии — это когда битум в виде мелких капелек (от 1 до 20 мк) находится в водной среде. Обратная эмульсия — это когда вода в виде мелких капелек находится в битумной среде.

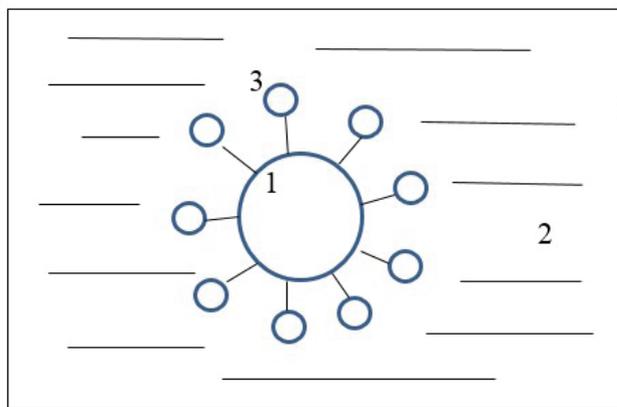


Рис. 11. Структура битумной эмульсии на органическом эмульгаторе: 1 — битумная частица (фаза); 2 — вода (среда); 3 — органический эмульгатор

В качестве анионоактивных эмульгаторов применяют: щелочные соли нафтенowych (асидол) и сульфонафтенowych (мылонафт) органических кислот, нефтяные сульфокислоты и др.

К катионоактивным эмульгаторам относятся различные соединения аммония, но они применяются реже. Эмульсии с анионоактивными эмульгаторами называют щелочными (рН = 7–11), а с катионоактивными — кислыми (рН = 3–6).

Изменение рН достигается введением в эмульсию продуктов, содержащих щелочи и кислоты. Содержание водорастворимых эмульгаторов в эмульсии обычно около 1–3%.

Согласно ГОСТ Р 58952.1–2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Технические условия» по химической природе поверхностно-активного вещества (ПАВ), применяемого в качестве эмульгатора, битумные и битумно-полимерные эмульсии подразделяют на виды:

анионные (рис. 13) — ЭБДА, ЭБПДА;

катионные (рис. 12) — ЭБДК, ЭБПДК.

По устойчивости при перемешивании с минеральными материалами эмульсии подразделяют на классы:

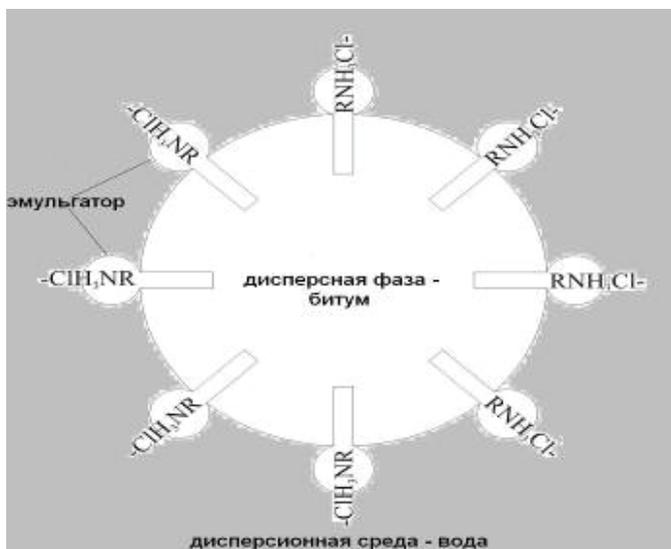


Рис. 12. Катионоактивная битумная эмульсия

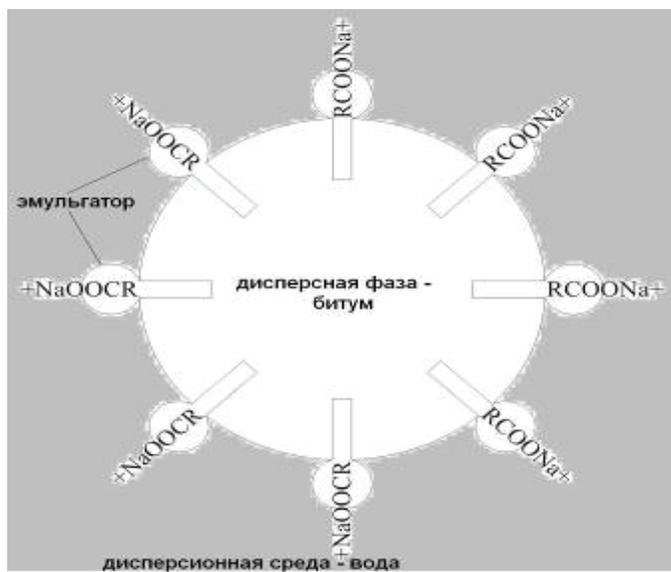


Рис. 13. Анионоактивная битумная эмульсия

1 — быстрораспадающиеся (анионные: ЭБДА Б, ЭБПДА Б; катионные: ЭБДК Б и ЭБПДК Б);

2 — среднераспадающиеся (анионные: ЭБДА С, ЭБПДА С; катионные: ЭБДК С и ЭБПДК С);

3 — медленнораспадающиеся (анионные: ЭБДА М, ЭБПДА М; катионные: ЭБДК М и ЭБПДК М).

Распад эмульсии с водорастворимыми эмульгаторами протекает в три стадии (рис. 11):

1. Коагуляция эмульсии при соприкосновении с каменным материалом.
2. Формирование битумной пленки и испарение воды.
3. Восстановление вяжущих свойств битума или дегтя.

Кроме водорастворимых эмульгаторов применяют нерастворимые в воде твердые и тонкоизмельченные порошки. Частицы такого эмульгатора адсорбируются на поверхности капель органического вяжущего и образуют на границе раздела с водой достаточно прочные оболочки (рис. 14).

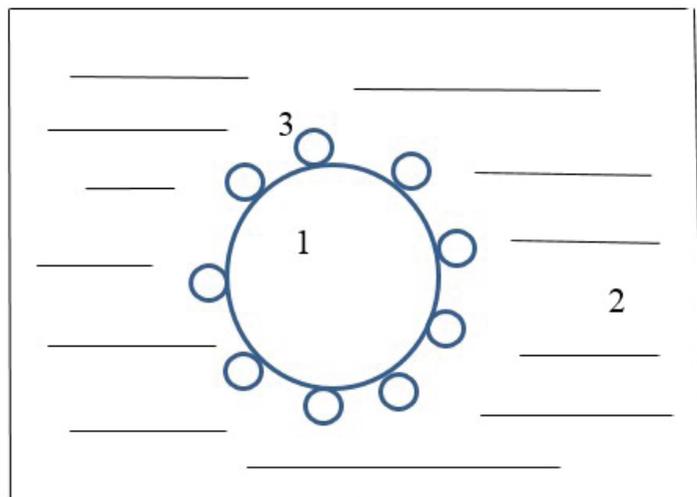


Рис. 14. Структура битумной эмульсии на твердом эмульгаторе:

1 — битумная частица (фаза); 2 — вода (среда);

3 — твердый эмульгатор

К такому типу эмульгаторов относятся: глина, трепел, известь, уголь, цемент, каменный уголь и др. Содержание таких эмульгаторов в эмульсии составляет 5–15%.

Распад эмульсий с твердыми эмульгаторами происходит главным образом вследствие испарения и фильтрации воды при распределении эмульсии на поверхности зерен каменного материала.

Скорость распада эмульсии зависит от качества и количества эмульгатора. Эмульсии на твердых эмульгаторах распадаются медленнее, чем при использовании водорастворимых эмульгаторов.

Эмульсии приготавливают в специальных машинах — диспергаторах, гомогенизаторах (например, машина системы Гуреля), установках с использованием ультразвуковых колебаний.

Приготовление эмульсии включает в себя:

- разогрев битума (дегтя) до температуры 50–120 °С;
- приготовление и подогрев эмульгатора до температуры 70–80 °С;
- диспергирование вяжущего в воде с добавлением водного раствора эмульгатора.

При изготовлении эмульсий на твердых эмульгаторах применяют лопастные мешалки, куда вводят воду с температурой около 90 °С, а затем добавляют необходимое количество тонкоизмельченного эмульгатора. Эти материалы тщательно перемешивают до получения однородной суспензии. После этого в мешалку постепенно вводят разогретый вяжущий материал. Вся смесь перемешивается в мешалке до получения однородной массы, легко разбавляемой водой.

Также для приготовления эмульсий используются промышленные битумно-эмульсионные установки.

По принципу действия они разделяются на установки непрерывного действия и установки циклического действия.

При непрерывном процессе нагрев воды и дозировка всех компонентов в коллоидную мельницу производится непрерывно дозирующими насосами. Система подачи водной фазы (водного раствора эмульгатора) должна быть устроена таким образом, чтобы произошла химическая реакция образования солевой формы эмульгатора и ее растворение в подогретой воде до коллоидной мельницы, где происходит взаимодействие водной фазы с нагретым битумом. Процесс управляется автоматической системой, регулировка подачи кислоты осуществляется с помощью рН-метра.

На установках циклического действия водная фаза приготавливается по циклической схеме в емкостях поочередно, подача всех компонентов производится непрерывно дозирующими насосами так же, как при непрерывном процессе.

При получении битумных эмульсий для обеспечения показателей, необходимых для некоторых видов дорожно-строительных работ, вводятся добавки латексов, СБС, адгезионных реагентов.

Содержание битума (дегтя) в обычных эмульсиях составляет 50–60%. При большем содержании битума (дегтя) они называются высококонцентрированными эмульсиями, при использовании твердых эмульгаторов — эмульсионными пастами.

Пасты перед применением разбавляют водой до получения требуемой вязкости. Содержание битума (дегтя) в пастах — 60–70%.

К эмульсиям, применяемым в строительстве, предъявляются следующие требования:

- эмульсия должна обладать малой начальной вязкостью при нормальной температуре, чтобы ее можно было разливать в холодном состоянии;
- эмульсия должна быть однородной и обладать стойкостью при хранении и транспортировке;
- вяжущие материалы, применяемые в эмульсиях, должны соответствовать техническим требованиям, которые предъявляются к этим материалам при применении их в горячем состоянии, а после распада эмульсии не должны терять своих первоначальных свойств (вязкости, пластичности т. п.);
- эмульсия должна обладать определенной скоростью распада при смешивании с каменными материалами и обеспечивать хорошее сцепление битумной пленки с ними после отделения воды.

Эмульсии являются малоопасными веществами и по степени воздействия на организм человека относятся к 4-му классу опасности по ГОСТ 12.1.007–76.

При работе с эмульсиями следует применять средства индивидуальной защиты: респиратор, защитные очки, рукавицы.

Эмульсии не являются пожаро- и взрывоопасными материалами.

Для защиты природной среды необходимо герметизировать оборудование и не допускать разлива эмульсии, битума и эмульгатора.

Эмульсии и пасты применяют для грунтовки основания под гидроизоляцию, приклеивания кровельных и гидроизоляционных материалов, для поверхностной обработки дорожных покрытий, устройства гидро- и пароизоляционных покрытий, а также в качестве связующего вещества при изготовлении асфальтовых растворов и бетонов.

РАЗДЕЛ 5. КРОВЕЛЬНЫЕ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В зависимости от конкретных условий эксплуатации сооружений одни и те же материалы могут применяться как для устройства гидроизоляции, так и для кровель. Основная задача этих материалов — создание водонепроницаемого покрытия.

Кровельные материалы подвергаются периодическому увлажнению и высушиванию, воздействию прямого солнечного излучения, замораживанию, нагреву, снеговым и ветровым нагрузкам. Такие материалы должны быть атмосферостойкими, морозостойкими, прочными.

Гидроизоляционные материалы постоянно работают в условиях воздействия влаги или агрессивных водных растворов. Основные требования к таким материалам: полная водонепроницаемость, долговечность, гнилостойкость, коррозионная стойкость, высокая прочность на разрыв.

Кровельные и гидроизоляционные материалы на основе органических вяжущих подразделяются:

1. По виду вяжущего (битумные, дегтевые, смешанные).
2. По назначению (кровельные, гидроизоляционные, кровельно-гидроизоляционные).
3. По внешнему виду (рулонные, листовые, штучные, мастичные).
4. По виду основы (на основе картона, на стекловолокне, на основе фольги, на полиэфирной основе, на комбинированной основе, на основе асбестовой бумаги).
5. По виду посыпки (чешуйчатая, мелкозернистая, крупнозернистая).
6. По структуре полотна (основные, безосновные).
7. По способу укладки (приклеиваемые на мастику, наплавливаемые, механически закрепляемые, укладываемые свободно).

Армирующие основы

Стеклохолст имеет прочность картона, но не гниет. Стеклоткань в 3–5 раз прочнее стеклохолста, не гниет и увеличивает срок эксплуатации материала. Полиэстер имеет прочность как стеклоткань, не гниет и улучшает сцепление с битумной наслойкой [5].

Кровельный картон получают из вторичного текстиля, макулатуры и древесного сырья. Он имеет рыхлую структуру и хорошо

впитывает расплавленный битум. При увлажнении, под действием солнечного излучения и в результате гниения теряет свои свойства. Пропитка битумом замедляет эти процессы. В зависимости от качественных показателей картон подразделяется на шесть марок, которые определяются его поверхностной плотностью (массой 1 м² картона в г): А-240, А-350, А-250, Б-420, Б-350, Б-250.

Стеклохолст — основа, состоящая из резаных стеклянных волокон длиной 12–25 мм, скрепленных между собой связующим. При производстве дополнительно армируется стеклонитями в продольном направлении, что препятствует разрывам основы при ее пропитке и нанесении покровных слоев битумного вяжущего.

Мягкая стеклоткань состоит из переплетенных стеклянных нитей. Материалы на такой основе не могут храниться в вертикальном положении, так как рулоны деформируются и на углах могут образоваться трещины. При

отрицательных температурах материал достаточно легко расслаивается по основе. Плохо пропитывается битумным вяжущим, поэтому имеет слабую связь между слоями материала.

Каркасная стеклоткань. Основа состоит из тонких стеклонитей, переплетенных с плоскими ровингами (жгутами). Ровинги хорошо пропитываются битумом и образуют прочную связь между слоями, а рулон имеет необходимую каркасность.

Основа из полиэфирных волокон состоит из хаотично ориентированных полиэфирных волокон, скрепленных между собой связующим. Может иметь разную поверхностную плотность. При меньших плотностях полиэфирной основы материал имеет меньшие разрывные характеристики.

Защитные посыпки

Для повышения атмосферостойкости и защиты от механических повреждений лицевая сторона рулонного материала покрывается «бронирующей» посыпкой. Для получения минеральной посыпки могут быть использованы: базальт, сланец, асбестовая галь, вермикулит, гранит и др. Порода должна быть твердой, не прозрачной для ультрафиолета, не образующей высолов и пыли, химически инертной.

Наибольшее распространение получили посыпки серого (гранит, сланец), песчаного (песок), черного (сланец), красного и зеленого (базальт и гранит), золотистого и бурого (вермикулит) цветов.

Окрашенная посыпка не только улучшает внешний вид материала, но и в несколько раз уменьшает поглощение покрытием солнечными лучей, ускоряющих старение материала.

5.1. Битумные волнистые листы (еврошифер) — современный штучный материал для кровель, в основе которого — картонно-целлюлозные волокна или полимерные холсты, пропитанные высококачественным модифицированным битумом (рис. 15). Верхний слой материала покрыт смолой, что защищает листы от воздействия ультрафиолета и повреждений. На поверхность наносят минеральный краситель для придания цвета или оттенка. Листы легкие ($3\text{--}4\text{ кг/м}^2$) и гибкие, толщиной около 3 мм. Долговечность покрытия кровли не менее 30 лет. Укладывают по решетчатой обрешетке.

Этот материал был предложен французской фирмой «Ондулин». Сейчас его изготавливают и многие другие фирмы, но название «ондулин» давно стало нарицательным [6].

Маркировка волнистых битумных листов:

- обозначение профиля листа;

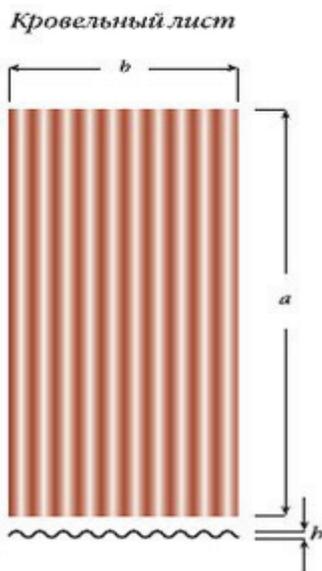


Рис. 15. Битумный волнистый лист

- число волн;
- размер (длина и ширина), мм;
- толщина, мм;
- обозначение стандарта.

Физико-механические показатели листов: разрывная нагрузка, Н, не менее 960; водопоглощение, %, не более 0,5; теплостойкость, °С, не ниже 110.

Виды битумных волокнистых листов (еврошифера)

Гуттанит — волнистые битумные листы с многослойной структурой. Армирующая основа — спрессованное целлюлозное волокно. Целлюлозная нить под большим давлением прессуется в ткань из 20 слоев, которая затем пропитывается полимерно-битумными составами. Благодаря прессованию волокна образуют послойное пересечение, что придает листу особую прочность. На начальном этапе производства верхние слои листа пропитываются природными красителями.

Обладают высокой стойкостью к химическим веществам и солнечным лучам. Битумные волнистые листы сохраняют форму при снеговой нагрузке до 960 кг/м². Волнистые листы надежно крепятся на обрешетку, выдерживают даже сильный ветер без повреждений, отрывов.

Технологическая схема производства битумных волнистых листов гуттанит (рис. 16).

Аквалайн состоит из однородной смеси органических и неорганических волокон. Волокна, расположенные вдоль волн листа, увеличивают твердость материала и одновременно гарантируют его гибкость. Сформированные в десятиволновый лист из гомогенной смеси органических и неорганических волокон, они имеют многослойную плотно сжатую конструкцию, которая гарантирует хорошую сохранность от деформации при ударах. С лицевой стороны листы покрыты защитно-декоративным красочным слоем на основе полимеров и светостойких пигментов. Обработка поверхности высокоплотным акрилом увеличивает долговечность кровельного листа, а также защищает его от ультрафиолетового излучения солнца, ветра и дождя.

Насыщение материала парами битума в вакуумной камере гарантирует равномерную пропитку. Высокое содержание битума в листе исключает впитывание влаги. Битумное насыщение производится

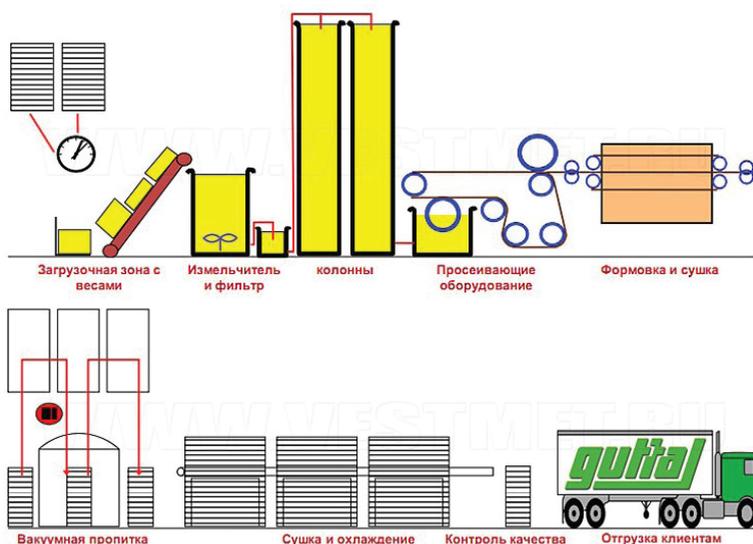


Рис. 16. Схема производства битумных волнистых листов

при низких температурах, что предотвращает термические повреждения.

Ондулайн производится путем насыщения целлюлозных волокон дистиллированным битумом при высокой температуре и высоком давлении. Поступающая на предприятие макулатура очищается от мусора, измельчается и смешивается с водой. Эта смесь называется пульпой. Пройдя через систему фильтров, пульпа очищается от вредных примесей.

После очистки из пульпы удаляется вода, а оставшаяся целлюлоза прессуется валами, превращаясь в плоскую бесконечную заготовку. После прессования заготовка попадает в окрасочную камеру и окрашивается. Затем плоская заготовка гофрируется.

После образования гофры материал попадает в сушильную камеру, где полностью избавляется от влаги. Еще не остывшее полотно попадает под гильотину, где обрезается в размер. Листы погружаются в горячий битум, затем охлаждаются и упаковываются.

Нулайн — это кровельное покрытие, получаемое прессованием из волокон сердцевин твердых пород деревьев и пропиткой их битумом.

мом при высоком давлении. Наружная поверхность листов содержит патентованную вспученную присадку и имеет заводскую отделку с двухслойной покраской. Материал уплотнен и защищен с помощью меламина полимера, с лицевой стороны листы покрыты защитно-декоративным красочным слоем на основе терморезистивного (винилакрилового) полимера и светостойких пигментов.

Технические характеристики листов различных марок представлены в таблице 11.

Таблица 11

Технические характеристики битумных волнистых листов

Наименование	Длина (a), мм	Ширина (b), мм	Высота (h), мм	Толщина листа, мм	Вес, кг/лист
Гуттанит (Германия)	2000	1060	30	2,4	6
Аквалайн (Бельгия)	2000	920	35	2,4	5,2
Ондулайн (Франция)	2000	950	36	3	6,4
Нулайн (США)	2000	1220	35	3	8

5.2. Мягкая черепица — штучный материал толщиной около 3 мм, состоящий из стекловолокна, пропитанного битумом (рис. 17). Получается путем вырубки из полотна фигурных полос (полукруглых, квадратных, шестигранных), которые напоминают кровлю из шифера. Эффект объема достигается покрытием из разноцветной минеральной крошки. Лист мягкой черепицы называется гонт.

Материал имеет практически нулевое водопоглощение. Нижнюю поверхность черепицы делают из битумополимера, покрытого легкосъемной пленкой. Верхний слой — это натуральные минеральные или каменные гранулы, придающие материалам цветовой оттенок и защищающие от климатических воздействий. На верхнем слое также делают полосы из битумополимера для последующего «спекания» слоев кровли.



Рис. 17. Мягкая черепица

Маркировка битумной черепицы

1) *Типы основ:*

тип 3: стеклоткань или стеклосетка;

тип 4: нетканое стекловолокно с продольным армированием и без него;

тип 6: нетканое полиэфирное волокно;

тип 7: комбинация нетканых стекловолокна и полиэфирного волокна; тип 9: другие основы.

2) *Типы кровных составов:*

тип X: окисленный битум;

тип E: битум, модифицированный эластомерными добавками;

тип P: битум, модифицированный термопластичными добавками;

тип S: другие битумосодержащие смеси.

3) *Типы защитных слоев с лицевой стороны черепицы:*

тип 2: гранулы минеральной или чешуйки сланцевой посыпки;

тип 8: металлическая фольга;

тип 9: другие защитные слои.

Пример обозначения: 4X2 — черепица на основе нетканого стекловолокна с кровным слоем из окисленного битума и с защитным слоем из гранул минеральной посыпки с лицевой стороны.

Нормативные документы:

ГОСТ 32806–2014 «Черепица битумная. Общие технические условия»;

ГОСТ 31898–1–2011 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие битумосодержащие. Метод определения сопротивления раздиру стержнем гвоздя»;

ГОСТ 31899–1–2011 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие битумосодержащие. Метод определения деформативно-прочностных свойств»;

ГОСТ 32317–2012 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие битумосодержащие и полимерные (термопластичные или эластомерные). Метод испытания на старение под воздействием искусственных климатических факторов: УФ-излучения, повышенной температуры и воды».

Физико-механические показатели для мягкой битумной черепицы:

– максимальная сила растяжения;

- сопротивление раздиру стержнем гвоздя;
- водопоглощение;
- стойкость к старению под воздействием искусственных климатических факторов;
- стойкость к образованию вздутий;
- теплостойкость;
- потеря гранул минеральной или чешуек сланцевой посыпки;
- сопротивление отслаиванию для черепицы с металлическим покрытием;
- показатели пожарной опасности.

Мягкая черепица *Тегола* состоит из пяти слоев. Сначала пропитывают стекловолокно комбинацией битумного компаунда СБС и природного битума. Затем оно пропитывается еще двумя слоями битума сверху и снизу. После этого покрывают верхний слой базальтовым гранулятом для стойкости к механическим нагрузкам. Расцветка же изменяется методом керамизации при температуре 650 °С. Обратная сторона листа покрывается кремниевым песком. Физико-механические характеристики сведены в таблице 12.

Таблица 12

Физико-механические характеристики черепицы Тегола

Показатель	Значение показателя	
	Стандарт	Зодчий
Тип вяжущего	Битумный компаунд СБС	Битумный компаунд СБС
Толщина, мм	3,0	3,1
Разрывная сила при растяжении в продольном направлении, Н, не менее	800	800
Разрывная сила при растяжении в поперечном направлении, Н, не менее	500	600

Мягкая черепица *Руфлекс*. Ее основой является стеклохолст, полученный из стекловолокна методом сваливания. С обеих сторон на стеклохолст наносится слой модифицированного битума (рис. 18). С тыльной стороны на черепицу накладывается самоклеящийся слой из битума, участвующий в монтаже мягкой кровли. Нижний слой прикрывается силиконизированной пленкой, которая удаля-

ется в процессе укладки черепицы. Ее физико-механические характеристики сведены в таблице 13.

Таблица 13

Физико-механические характеристики черепицы Руфлекс

Показатель	Значение показателя
	Руфлекс
Тип вяжущего	СБС-модифицированный битум Окисленный битум
Толщина, мм	3,2
Разрывная сила при растяжении в продольном направлении, Н, не менее	600
Разрывная сила при растяжении в поперечном направлении, Н, не менее	400
Теплостойкость, °С, не менее	+85
Сопротивление раздиру стержнем гвоздя, Н, не менее	100
Гибкость на брусе 30 мм, °С, не выше	-5

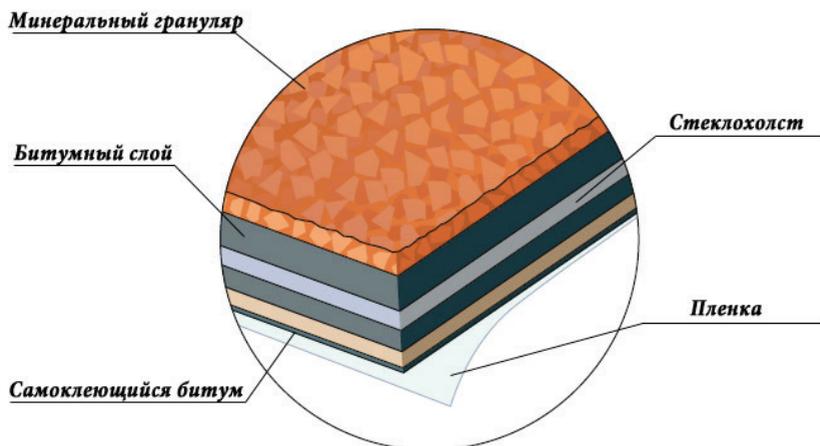


Рис. 18. Строение черепицы Руфлекс

Мягкая черепица *Шинглас*. Основой этого материала является стеклохолст, пропитанный улучшенным модифицированным битумом.

мом и с двух сторон имеющий покровный слой битума. Верхняя поверхность черепицы покрыта слоем крупнозернистой базальтовой посыпки. Более 60% нижней поверхности покрыто слоем морозостойкой самоклеящейся битумно-полимерной массы, защищенным легкоъемной силиконизированной пленкой. Физико-механические характеристики мягкой черепицы шинглас — в таблице 14.

Таблица 14

Физико-механические характеристики черепицы Шинглас

Показатель	Значение показателя	
	Шинглас ультра	Шинглас классик
Тип вяжущего	СБС-модифицированный битум	Окисленный битум
Толщина, мм	3,5	3,0
Разрывная сила при растяжении, Н, не менее	600	600
Гибкость на брусе R15 мм, °С, не выше	-15	-5
Теплостойкость, °С, не менее	+100	+85
Водонепроницаемость при давлении 0,001 МПа в течение, ч	72	72

5.3. Рулонные кровельные материалы

Применяются в строительстве с 30-х годов прошлого века, наиболее известны толь, пергамин и рубероид. Основа этих материалов — картон. При производстве пергамина картон пропитывают легкоплавким битумом, а при производстве рубероида — тугоплавким битумом и еще наносят посыпку. Толь отличается от пергамина и рубероида тем, что пропитывается и покрывается дегтем. Технологичность материалов при укладке определяют такие характеристики: водонепроницаемость, гибкость и прочность на разрыв.

С 1955 года постановлением правительства Москвы эти материалы запрещены для устройства новых кровель в массовом многоэтажном строительстве, так как имеют небольшой срок службы, невысокие показатели прочности, биостойкости и теплостойкости основы.

Серьезным недостатком материалов на картонной основе является высокое водопоглощение и невозможность получения абсолютно герметичного стыка полотнищ.



Рис. 19. Рулонный кровельный материал рубероид

Благодаря развитию методов модификации битума появились материалы, обладающие высокой стойкостью к ультрафиолетовому излучению, повышенной теплостойкостью и гибкостью. В качестве основы стали использовать материалы из стеклянных синтетических волокон, повысив тем самым механические характеристики рулонного материала. Для защиты материалов используются бронирующие посыпки из окрашенной сланцевой, пластмассовой и керамической крошки.

Рулонные кровельные битумные и битумно-полимерные материалы представляют собой многослойные композиции, состоящие из вяжущего вещества, основы, защитных слоев.

Маркировка кровельных рулонных материалов:

- наименование материала;
- марка материала (К — для устройства верхних слоев, защищает от воздействия солнца; П — для устройства нижнего слоя кровельного ковра, при многослойной конструкции);
- тип основы (С — стеклоткань, Х — стеклохолст, Т — каркасная стеклоткань, Э — полиэфирное полотно);
- покрытие на верхней поверхности (К — крупнозернистая посыпка, М — мелкозернистая посыпка, П — полимерная пленка);

- покрытие на нижней поверхности материала (П — полимерная пленка, М — мелкозернистая посыпка, В — вентилируемый слой). Может дополнительно указываться цвет и вид посыпки.

Нормативные документы:

ГОСТ 32805–2014 «Материалы гибкие рулонные кровельные битумосодержащие. Общие технические условия»;

ГОСТ 58796–2020 «Материалы пароизоляционные рулонные битумосодержащие. Общие технические условия»;

ГОСТ 2678–94 «Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний»;

ГОСТ 32317–2012 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие битумосодержащие и полимерные (термопластичные или эластомерные). Метод испытания на старение под воздействием искусственных климатических факторов: УФ-излучения, повышение температуры и воды»;

ГОСТ 32318–2012 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие битумосодержащие и полимерные (термопластичные или эластомерные). Методы определения паропроницаемости»;

ГОСТ 31898–1–2011 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие битумосодержащие. Метод определения сопротивления раздиру стержнем гвоздя»;

ГОСТ Р 56582–2015 «Материалы кровельные и гидроизоляционные гибкие полимерные (термопластичные и эластомерные). Методы определения длины, ширины, прямолинейности и плоскостности».

Методы испытания материалов

1. Стойкость к низким температурам (гибкость на брус). Испытания проводят на трех образцах размерами 150 × 20 мм, вырезанных из рулона в продольном направлении. Образцы и брус должны быть помещены в морозильную камеру, холодильник и выдержаны при заданной температуре в течение 20 минут. По истечении времени образец и брус извлекают из испытательной среды. Прикладывают образец к ровной поверхности бруса, а свободный конец изгибают в течение 5 с вокруг закругленной части бруса до достижения другой ровной поверхности (рис. 20). Производят внешний осмотр образца. Образец считается выдержавшим испытание, если на его лицевой стороне не появятся трещины и отслаивание вяжущего.



Рис. 20. Определение гибкости на брусе

2. Водонепроницаемость определяют как отсутствие пропускания воды образцом за определенное время под давлением не менее 0,001 МПа (рис. 21). Испытание проводят на трех образцах размерами 150×150 мм. На подставку помещают стеклянную пластинку, сверху — фильтровальную бумагу на всю поверхность пластинки. Образец укладывают лицевой стороной вверх. В центре устанавливают стальную трубу диаметром 100–110 мм, толщиной 1,5–2,5 мм, длиной не более 120 мм. Для создания давления в трубу наливают воду высотой 100 мм, количество которой поддерживают на постоянном уровне в течение времени, которое установлено нормативно-технической документацией для этого материала. Через каждые 24 часа проверяют наличие мокрого пятна на фильтровальной бумаге. При появлении признаков воды испытание прекращают. Образец считают выдержавшим испытание, если в течение 72 часов он остался водонепроницаемым.

3. Водопоглощение определяют выдерживанием в воде трех образцов материала размерами 100×100 мм. До испытания необходимо посыпку и пленку с образцов очистить хлопчатобумажной тканью

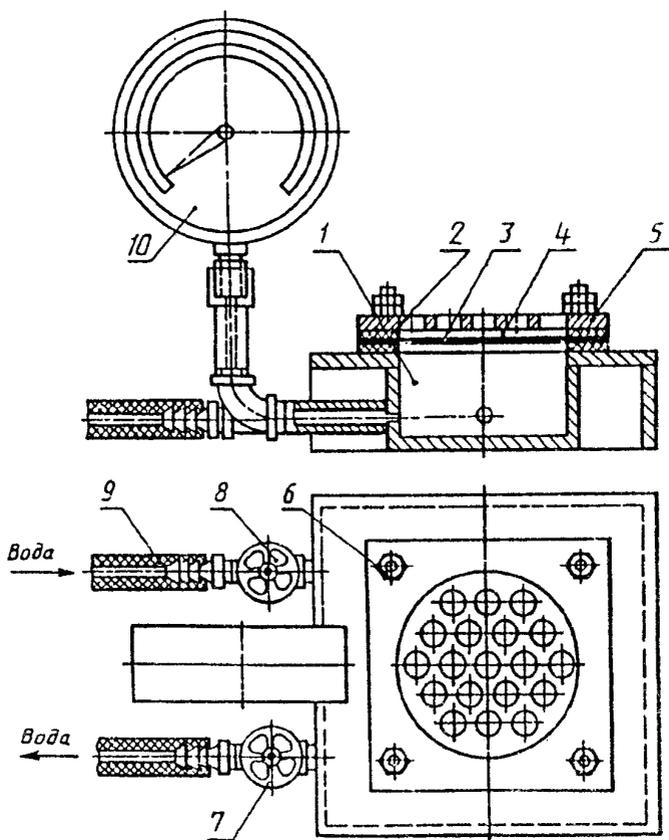


Рис. 21. Определение водонепроницаемости:
 1 — рабочая камера; 2 — резиновые прокладки; 3 — образец;
 4 — контактная сетка; 5 — прижимная плита;
 6 — зажимные винты; 7, 8 — краны; 9 — резиновая трубка,
 соединяющая с водопроводом; 10 — манометр

или щеткой. Образец взвешивают, а затем погружают в сосуд с водой на 1 минуту, после чего извлекают из воды, вытирают тканью и взвешивают. Затем образец помещают опять в воду, так чтобы над ним был слой воды не менее 50 мм, и выдерживают в течение времени, указанного в нормативно-технической литературе. После выдержки образец извлекают из воды и снова вытирают тканью и взвешивают.

Водопоглощение рассчитывают по формуле (3):

$$W = \frac{m_3 - m_2}{m_1} * 100 \%, \quad (3)$$

где m_1 — масса сухого образца, г;

m_2 — масса образца после выдержки в течение одной минуты, г;

m_3 — масса образца после заданной выдержки в воде, г.

4. Разрывную силу при растяжении и относительное удлинение при разрыве определяют испытанием 10 образцов, вырубленных из рулона (5 в продольном направлении, 5 в поперечном направлении). Размер образцов: ширина 50 мм, длина не менее 200 мм. Перед проведением испытаний с образцов удаляют защитный слой. Образец помещают в зажимы разрывной машины так, чтобы продольные оси зажимов и продольная ось образца совпадали между собой и с направлением движения зажима. Расстояние между зажимами — 200 мм. Предельная нагрузка разрывной машины должна составлять не менее 2000 Н. Регистрируют силу растяжения и соответствующее ей увеличение расстояния между зажимами в процессе испытания. За величину разрывной силы принимают максимальное показание шкалы силоизмерителя в момент разрыва или максимальное значение силы.

Виды рулонных материалов

Рубероид получают пропиткой кровельного картона мягким нефтяным битумом с последующим покрытием материала с обеих сторон тугоплавким битумом. Для повышения атмосферостойкости лицевая сторона рубероида покрывается посыпкой, для предотвращения слипания поверхностей полотна на нижнюю сторону наносят мелкую пылевидную посыпку. Рубероид (рис. 19), ГОСТ 10923–93 «Рубероид. Технические условия», подразделяется на несколько марок, в обозначении которых буква Р указывает, что это рубероид. Вторая буква К или П — кровельный или подкладочный; третья буква означает вид посыпки (К — крупнозернистая, Ч — чешуйчатая, М — мелкозернистая, П — пылевидная). Число обозначает марку кровельного картона.

Например, РПП-350 — рубероид подкладочный с пылевидной посыпкой, кровельный картон марки 350.

Пергамин — беспокровный рулонный материал, получаемый пропиткой кровельного картона легкоплавким нефтяным битумом.

Применяют для устройства пароизоляции и нижних слоев кровельного ковра. Марки пергамина: П-250, П-300, П-350.

Бризол — бесосновный рулонный гидроизоляционный материал, полученный прокаткой смеси нефтяного битума, дробленой резины, асбеста, пластификатора. Производство состоит из нескольких этапов. Сначала битум разогревают до высокой температуры в отдельной емкости. Отдельно разогревают пластификатор, измельчаются куски асбеста до пыли, измельчается и подготавливается резина. Все составные части перемешивают и подаются в разогретый битум. Полученная масса выдавливается на ленту и пропускается через валики. После остывания материал сворачивают в рулоны. Материал стоек к 40-процентной серной кислоте и 20-процентной соляной кислоте до температуры 60 °С. Применяют для защиты от коррозии подземных конструкций.

5.4. Наплавляемые материалы на основе битума

Позволяют существенно облегчить и ускорить устройство кровельного ковра. Эти материалы имеют утолщенный слой из приклеиваемой битумной мастики. Монтаж производят с помощью пропановой горелки путем подплавления нижней поверхности материала. На прочную основу с обеих сторон наносится битумная и полимерно-битумная смесь (рис. 22). В зависимости от назначения на верхнюю сторону материала может быть нанесен слой из мелкой слюдяной, песчаной или сланцевой крошки. Толщина готового материала от 3 мм. В качестве основы для наплавляемых материалов используют стеклоткань, полиэстер или стеклохолст.

Различают два типа битумных смесей, которые наносят на основу: окисленный битум и полимерно-битумные материалы. Чтобы избежать недостатков окисленного битума, его модифицируют, вводя специальные вещества: изотактический пропилен или стирол-бутадиен-стироловые эластомеры. Долговечность материалов повышается до 20–30 лет.

Молекулы искусственного каучука (стирол-бутадиен-стирола) состоят из твердого стирола, соединенного бутадиеновыми «пружинками». В процессе приготовления полимерно-битумной смеси они разматываются, молекулы углеводородов из битума связываются с молекулами каучука и создают пространственную структуру. Такие материалы сохраняют эластичность в широком диапазоне тем-



Рис. 22. Наплавляемый материал на основе битума

ператур. Теплостойкость материалов на вертикальных поверхностях +100 °С. Имеют хорошую адгезию к основанию.

Материалы на основе изотактического пропилена обладают высокой теплостойкостью (+120...+140 °С), а также делают битумную основу стойкой к воздействию ультрафиолетовых лучей.

Виды наплавляемых материалов

Линокром — наплавляемое гидроизоляционное полотно, имеющее не гниющую основу (стеклохолст, стеклоткань, полиэфир), которая с двух сторон покрыта битумным вяжущим. Теплостойкость +85 °С. Материал с крупнозернистой посыпкой — для верхнего слоя кровельного ковра, с пылевидной посыпкой — для нижнего слоя кровельного ковра и гидроизоляции.

Бикрост — рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавляемый материал. Полотно с прочной основой (стекловолокнистой или полиэфирной), на которую нанесена смесь битумного вяжущего и наполнителей. Теплостойкость +80 °С.

Техноэласт — биостойкий битумно-полимерный рулонный наплавляемый гидроизоляционный материал. Полотно, состоящее из полиэфирной или стекловолокнистой основы с нанесенным на нее

с двух сторон битумно-полимерным вяжущим. Срок службы 25–30 лет, теплостойкость +100 °С, выдерживает большие колебания температуры.

Техноэласт ТЕРМО — рулонный кровельный наплавляемый битумно-полимерный материал. Включает модификаторы АПП и сохраняет свои свойства при температурах до +130 °С, используется во всех климатических зонах.

Техноэласт ТИТАН — рулонный гидроизоляционный наплавляемый битумно-полимерный материал, имеющий высокую гибкость на брусе (–35 °С), теплостойкость до +140 °С. Получают путем двухстороннего нанесения на полиэфирное нетканое полотно битумно-полимерного вяжущего, состоящего из битума, АПП, ИПП, полимерного модификатора и минерального наполнителя, защитного слоя на обеих сторонах полотна.

Техноэласт ГРИН — материал рулонный гидроизоляционный наплавляемый битумно-полимерный корнестойкий. Используют для создания гидроизоляции «зеленых кровель» и подземных конструкций зданий, включает антикорневые добавки (препятствующие прорастанию растений). Теплостойкость до +100 °С, гибкость на брусе не выше –25 °С.

Техноэласт ПЛАМЯ СТОП — рулонный кровельный наплавляемый битумно-полимерный материал. Его битумно-полимерная смесь покрытия включает антипирены, поэтому он имеет повышенные противопожарные характеристики: группа распространения пламени РП1, группа воспламеняемости В2.

Унифлекс ВЕНТ — материал рулонный гидроизоляционный наплавляемый битумно-полимерный. Гидроизоляционное полотно на полиэфирной основе или на основе стеклоткани. Со стороны вентилируемой поверхности вяжущее наносится полосками определенного размера, а промежутки заполнены крупным песком, поэтому остаются каналы, позволяющие кровле «дышать».

Фольгоизол — наплавляемый рулонный гидроизоляционный и кровельный материал, состоящий из битумно-полимерного или битумно-резинового вяжущего слоя, покрытого алюминиевой фольгой, армированного стеклохолстом, полиэстером или стеклотканью. Толщина материала 2,5 мм, гибкость на брусе –15 °С, теплостойкость не менее +100 °С.

Изол — бесосновный рулонный гидроизоляционный материал, полученный прокаткой смеси нефтяного битума, девулканизированной резины, минерального наполнителя, антисептика и пластификатора. Биостоек и эластичен, применяют для оклеечной гидроизоляции гидротехнических сооружений, резервуаров, для антикоррозионной защиты трубопроводов.

Стеклоизол — рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавляемый материал, состоящий из стекловолокнистой основы и нанесенного с двух сторон битумного вяжущего. Сверху имеет посыпку, снизу нанесена полимерная пленка. Теплостойкость +80 °С.

Эластобит — наплавляемый кровельный и гидроизоляционный бесосновный рулонный материал, изготовленный путем каландрирования из мастики «битеп» с повышенным содержанием синтетического каучука. Отличается повышенной эластичностью при низких температурах.

Стеклокром — наплавляемый кровельный гидроизоляционный материал. При изготовлении модифицированный битум наносят на стеклооснову с двух сторон. Нижняя сторона защищена полиэтиленовой пленкой. Теплостойкость не менее +80 °С.

Рубитекс — наплавляемый кровельный и гидроизоляционный материал, состоящий из битумно-полимерного гомогенизированного вяжущего, нанесенного на стеклохолст, стеклоткань или полиэстер. Теплостойкость +100 °С, гибкость на брусе –20 °С.

Рубемаст — наплавляемый рулонный материал на основе стеклохолста или кровельного картона, на обе стороны которого нанесены кровные слои из кровельного битума, наполнителя и пластификаторов.

5.5. Самоклеящиеся материалы

Самоклеящиеся рулонные материалы (рис. 23) применяются там, где наплавление материала неэффективно или недопустимо по соображениям пожарной безопасности.

Виды самоклеящихся материалов

Гидроизоляция фундамента Технониколь Master — самоклеящийся рулонный бесосновный гидроизоляционный материал, разработанный специально для защиты фундамента. Водопоглощение по объему,%, не более 1. Температурный режим использования от +5 °С. Срок службы 50 лет.



Рис. 23. Самоклеящийся рулонный материал

Гидроизоляция пола Техноколь Master — самоклеящийся рулонный материал, состоит из алюминиевой фольги и смеси с содержанием битума.

Ризолин — армирующий слой из стеклоткани, пропитанный с двух сторон битумно-полимерным составом из алюминиевой фольги (рис. 24). Фольга препятствует проникновению солнечных лучей, стеклоткань придает гибкость и прочность, битумно-полимерное вяжущее склеивается с основанием и имеет хорошую адгезию.

Техноэласт БАРЬЕР — рулонный гидропароизоляционный битумно-полимерный безосновный материал, получаемый путем нанесения на полимерную пленку битумно-полимерного самоклеящегося вяжущего, состоящего из битума, полимерного модификатора и добавок адгезионных. Снизу имеет силиконизированную антиадгезионную пленку.

Техноэласт С — рулонный кровельный гидроизоляционный самоклеящийся битумно-полимерный материал. На полиэфирную основу нанесено битумно-полимерное вяжущее. Нижняя сторона имеет самоклеящийся слой. В качестве верхнего защитного слоя используют посыпку крупно- и мелкозернистую.

5.6. Мембраны

Мембраны изготавливают из смесей на основе высокоэластичных полимеров, таких как пластифицированные ПВХ; сополимеров эти-

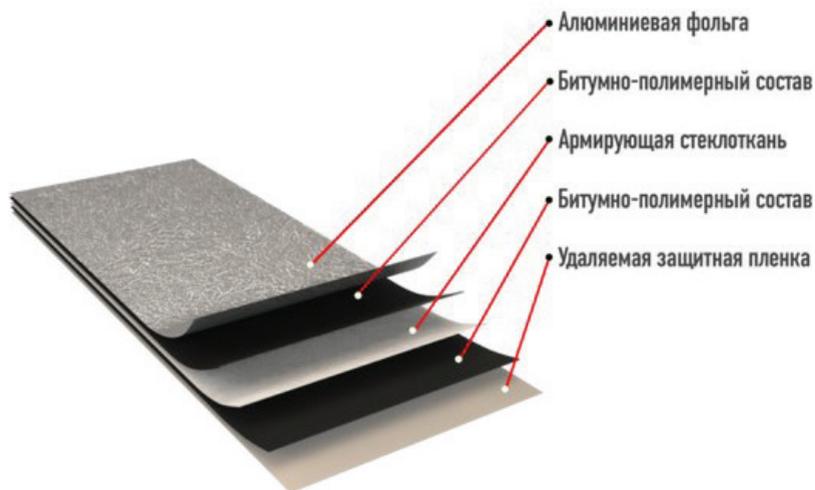


Рис. 24. Ризолин

лена, полиэтилена и диена (ЭПДМ); термопластичных полиолефинов (ТПО). Особенностью ПВХ-мембран является их несовместимость с нефтепродуктами в отличие от ТПО-мембран, что необходимо учитывать при выборе гидроизоляционного материала.

Мембраны отличаются от традиционных битумных рулонных материалов тем, что у них полностью отсутствует водопоглощение. Соседние полотна соединяют между собой методом сварки, что обеспечивает герметичность стыка. Полная гидроизоляция кровли обеспечивается всего одним слоем покрытия. В зависимости от полимерного материала, составляющего основание полотна, различают несколько типов (табл. 15).

Кровли из этих материалов выполняют только однослойными, что позволяет быстро найти повреждение и наложить заплату. Повреждения носят только механический характер, то есть не связаны с климатическими условиями.

Материал мембран имеет относительное удлинение 200–400%, обладает высокой прочностью на растяжение и прокол. Сохраняет свои свойства в интервале температур от -60°C до $+100^{\circ}\text{C}$. Характеризуется высокой водонепроницаемостью и атмосферостойкостью.

Виды мембран в зависимости от полимерного материала

Материал	Размеры	Группа горючести	Гибкость на брусе 5 мм	Срок эксплуатации, лет
ПВХ-мембраны (поливинилхлорид)	ширина 0,8–2 м, толщина 1,2–2 мм	Г2	не менее 50°	25–30
ТПО-мембраны (термопластичные полиолефины)	ширина 1–2 м, толщина 1,2–2 м	Г2	не менее 60°	более 40
ЭПДМ-мембраны (этилен-пропилен-диен-мономер)	ширина 3–12 м, толщина 1,4 мм	Г2	не менее 60°	40

Виды мембран

Мембрана ТПО LOGICROOF — кровельная полимерная мембрана из высококачественных термопластичных полиолефинов (ТПО) на основе пропилена, полученная методом соэкструзии, стабилизированная против УФ-излучения. Обладает повышенной эластичностью. Применяют для гидроизоляции однослойных кровельных систем.

Мембрана ПВХ LOGICROOF — кровельная полимерная мембрана на основе высококачественного пластифицированного поливинилхлорида (ПВХ). Стабилизирована против УФ-излучения с использованием системы TRI-P. Содержит антипирены и специальные стабилизаторы. Обладает повышенной эластичностью. Лицевая поверхность может иметь специальное противоскользящее тиснение.

Мембрана Firestone Rubber Cover EPDM изготавливается из вулканизированного синтетического каучука. Не содержит пластификаторов и антиоксидантов, которые могут ухудшать ее качества и вызывать преждевременное старение мембраны. Химически инертна и не пропускает токсичных компонентов. Превосходная гибкость при низких температурах (до –45 °С).

5.7 Мастики

Мастики представляют собой пластичные смеси органических вяжущих (битума или дегтя) с наполнителем, а также добавками, улучшающими их свойства.

Мастику готовят, смешивая в мешалках периодического действия битумную пасту или эмульсию с наполнителем. Мастики всех видов обязательно имеют в своем составе наполнитель, в основном минерального происхождения (известняк, мрамор, мел, доломит, тальк, трепел).

Минеральный наполнитель вводят в состав мастик с целью повышения вязкости, теплостойкости, водоустойчивости, улучшения сцепления мастики с основанием, а также снижения расхода органических вяжущих.

Наполнители бывают пылевидные, волокнистые и комбинированные (составленные из двух первых).

В качестве пылевидных наполнителей используют тонкомолотые порошки (содержание частиц мельче 0,07 мм не менее 70% по массе), полученные из отсевов дробления известняков, доломитов, мела, талька, трепела, некоторых побочных продуктов промышленности (шлаки, золы и др.).

К волокнистым наполнителям относится минеральная вата, коротковолокнистая шлаковата, сечка стекловолокна, торфяная крошка, хризотилковый асбест и др. Волокнистые наполнители армируют материал, увеличивая его сопротивление растяжению и изгибу.

Для уменьшения оседаемости наполнителей в битумное вяжущее следует вводить поверхностно-активные вещества (ПАВ). ПАВ бывают анионные: госсиполовая смола (хлопковый гудрон), жировой гудрон, синтетические жировые кислоты С(17)-С(20) и катионные: БП-3, алкилтриметиламмоний хлорид.

В случае когда в качестве наполнителя используют сланцевые породы, ПАВ не вводят.

Классификация мастик

1. По виду исходного вяжущего мастики делят на:
 - битумные (битумные, битумно-полимерные, битумно-эмульсионные, битумно-резиновые);
 - полимерные;

- дегтевые, дегтеполимерные;
- гудрокамовые.

Гудрокам представляет собой вязкий продукт совместного окисления каменноугольных масел и нефтяного гудрона.

2. По роду применения мастики подразделяются на:

- приклеивающие;
- гидроизоляционные;
- пароизоляционные, предназначенные для устройства мастичных слоев пароизоляции;
- предназначенные для изоляции подземных труб.

Приклеивающие мастики применяют при устройстве многослойных кровельных и гидроизоляционных покрытий.

Битумные кровельные материалы (например, рубероид и пергамин) приклеивают битумной мастикой, а дегтевые (например, толь) — дегтевой мастикой.

Гидроизоляционные мастики используют для мастичных кровель и в целях гидроизоляции без применения рулонных материалов.

Содержание наполнителя в приклеивающих мастиках обычно составляет:

- волокнистого — 10–15% по массе;
- пылевидного — до 50% по массе;
- комбинированного — 10–15% по массе (50% волокнистого и 50% пылевидного).

Гидроизоляционные мастики изготавливают со значительным количеством минерального наполнителя:

- волокнистого — 15–20% по массе;
- пылевидного — 60–70% по массе.

3. По виду разбавителя:

- содержащие воду (эмульсионные);
- не содержащие воду;
- жидкие органические вещества (масло);
- мазут;
- гудрон;
- органические растворители.

4. По характеру отверждения:

- отверждающиеся (в том числе вулканизирующиеся, могут быть одно- и многокомпонентными);

- неотверждающиеся.
- 5. По способу применения мастики подразделяются на:
 - горячие;
 - холодные.

Горячие мастики используют с предварительным разогревом до 130–180 °С, холодные — без подогрева при температуре воздуха на месте производства работ не ниже плюсовой температуры, а при более низких температурах их нагревают до 60–70 °С.

Горячие мастики изготавливают следующих видов:

- битумные, состоящие из битума, наполнителя и антисептика;
- битумно-резиновые, состоящие из битумно-резинового вяжущего, полимерной добавки, наполнителя и антисептика;
- гудрокамовые, состоящие из гудрокама, нефтяного битума и наполнителя. Гудрокамовая горячая мастика обозначается маркой МГ-Г-70. Она отличается от битумной повышенной эластичностью и адгезионной способностью;
- дегтевые, состоящие из дегтевого связующего, составленного путем сплавления каменноугольного пека с антраценовым или каменноугольным маслом, и наполнителей. Марки горячих дегтевых мастик: например, МДК-Г-50, МДК-Г-80.

Эти мастики предназначаются для приклеивания к основанию битумных или дегтевых рулонных материалов, склеивания из них многослойного гидроизоляционного или кровельного ковра, устройства кровельного слоя кровель из беспокровных рулонных материалов, для мастичных кровель, армированных волокнистыми стекло-материалами, а также обмазочной и оклеечной гидроизоляции.

Битумная кровельная горячая мастика представляет собой однородную массу, состоящую из битумного вяжущего и наполнителя и используется в горячем состоянии.

Горячие кровельные битумные мастики чаще изготавливают в заводских условиях в обогреваемых емкостях, оборудованных перемешивающими устройствами.

Процесс приготовления битумного вяжущего состоит в обезвоживании и расплавлении битума, в сплавлении битумов, введении в битум ПАВ и пластифицирующих добавок.

Вначале в емкость загружают легкоплавкий битум, который обезвоживают при температуре 105–110 °С.

После этого загружают битум марки БНК 90/30 (БНК 90/40) и при постоянной работе мешалки температуру битумного вяжущего доводят до 160–180 °С. Количество кровельного битума зависит от температуры размягчения смешиваемых битумов. Для предотвращения вспенивания битума при нагревании следует добавлять пеногаситель марки СКТН-1.

Добавки ПАВ вводят непосредственно в битумное вяжущее или в наполнитель. В битумное вяжущее ПАВ вводят в количестве 1,5–2% от массы битумного вяжущего. В наполнитель ПАВ вводят при помоле в количестве 0,15–0,2% от массы наполнителя. Определив температуру размягчения битумного вяжущего, наполнитель вводят отдельными порциями при постоянном перемешивании.

При интенсивном подъеме пены введение наполнителя прекращается до понижения уровня пены, после этого засыпку наполнителя возобновляют.

Варку мастики продолжают при температуре 160–180 °С при постоянном перемешивании до получения однородной смеси и полного оседания пены.

Антисептирующие добавки в количестве 4–5% или гербициды в количестве 0,3–1,5% от массы битумного вяжущего вводят перед окончательным приготовлением мастики отдельными порциями в 2–3 приема при постоянном перемешивании.

Согласно ГОСТ 2889–80 «Мастика битумная кровельная горячая. Технические условия» мастику в зависимости от теплостойкости подразделяют на марки (табл. 16).

Таблица 16

Марки мастик по теплостойкости

Марка	МБК-Г-55	МБК-Г-65	МБК-Г-75	МБК-Г-85	МБК-Г-100
Теплостойкость, °С	55	65	75	85	100

Обозначение марки мастики состоит из названия (мастика битумная кровельная горячая) и цифры, обозначающей теплостойкость мастики определенной марки.

Мастики марок МБК-Г-55 и МБК-Г-65 следует применять для наклейки антисептированного рубероида, стеклорубероида и толевых материалов.

Мастика может изготавливаться с добавками антисептиков и гербицидов.

В качестве антисептирующих добавок должен применяться кремнефтористый натрий или фтористый натрий.

В мастики с пластифицирующими добавками антисептик не вводят.

В качестве гербицидов должен применяться симазин или аминная (натриевая) соль дихлорфеноксисукусной кислоты (2, 4Д).

В обозначение марок мастики с добавками антисептиков или гербицидов после обозначения теплостойкости добавляют букву А или Г.

Например, мастика с добавкой антисептика МБК-Г-55А, с добавкой гербицидов — МБК-Г-55Г.

Такие мастики предназначены для устройства рулонных кровель, а также мастичных кровель, армированных стекломатериалами.

Мастики марок МБК-Г-55А и МБК-Г-65А предназначены для наклейки неантисептированного рубероида; мастики марок МБК-Г-55Г и МБК-Г-65Г — для устройства защитного слоя на кровлях.

Горячие мастики должны быть однородными, без посторонних включений. При нагревании до 100 °С мастика не должна вспениваться и изменять однородность. Содержание воды в мастиках не допускается.

Горячие мастики согласно ГОСТ 2889–80 «Мастика битумная кровельная горячая. Технические условия» должны соответствовать следующим техническим требованиям:

- теплостойкость в течение 5 ч, °С;
- температура размягчения по методу «кольцо и шар», °С;
- гибкость при температуре (18 ± 2) °С;
- содержание наполнителя, % по массе: волокнистого, пылевидного;
- содержание воды.

Методы испытания мастик

1. Теплостойкость.

Для определения теплостойкости на образец пергамина размерами 50 × 100 мм наносят равномерным слоем 8–10 г мастики, предварительно разогретой до температуры 140–160 °С. Сверху накладывают кусок пергамина тех же размеров и прижимают грузом в 2 кгс на 2 ч. Груз прикладывают через плоскую металлическую пластинку

размерами $50 \times 100 \times 2$ мм. После 2 ч выдержки образцы с мастикой помещают в нагретый сушильный шкаф на наклонную подставку. Образцы выдерживают в шкафу в течение 5 ч при заданной температуре, после чего образцы вынимают и осматривают.

Мастика считается выдержавшей испытание, если она не потечет и не начнет сползать.

2. Гибкость.

Определение гибкости основано на изгибании образца пергамина с нанесенной на него мастикой по полуокружности стержня определенного диаметра при заданной температуре.

На образец пергамина размерами 50×100 мм равномерным слоем наносят 8–10 г мастики, предварительно разогретой до $140\text{--}160$ °С.

После этого образец выдерживают в течение 2 ч при температуре (18 ± 2) °С на воздухе. Затем в сосуд наливают воду, температура которой должна быть (18 ± 2) °С. Образцы и стержень помещают в этот сосуд с водой и выдерживают в нем в течение 15 мин.

Выдержанный в воде образец медленно изгибают по полуокружности стержня в течение 5 с лицевой поверхностью (мастикой) вверх. Время с момента изъятия образца из воды и изгибания его по полуокружности стержня не должно превышать 15 с.

Если на поверхности образца не образуются трещины, то мастика считается выдержавшей испытание.

3. Склеивающие свойства мастики.

Сущность заключается в определении нагрузки, необходимой для разрыва двух склеенных образцов определенной длины и ширины.

Два образца пергамина размерами 50×140 мм, вырезанные из рулона в продольном направлении, склеивают на площади 50×60 мм мастикой, нагретой до $140\text{--}160$ °С. Затем ее в количестве 4–6 г наносят на поверхность обоих образцов так, чтобы один конец каждого образца остался без покрытия мастикой. Склеенные образцы прижимают грузом массой 1 кг через металлическую пластинку и выдерживают в течение 2 ч при температуре (20 ± 2) °С. Для испытания готовят три образца. Через 2 ч после склеивания образцы помещают в зажимы разрывной машины без перекосов.

Испытания образца проводят при постоянной скорости перемещения подвижного зажима до разрыва, который должен произойти по пергамину.

4. Температуру размягчения мастики определяют по ГОСТ 11506–73, как и для битумов.

При транспортировке мастика может быть упакована в стальные бочки со съемным днищем, в деревянные бочки или барабаны, мешки бумажные с противoadгезионной прослойкой.

Мастики, применяемые в условиях специальных воздействий, должны обладать стойкостью к этим воздействиям.

Цветные мастики должны выдерживать испытание на цветостойкость в течение не менее 2 ч.

Холодные мастики изготавливают с применением жидких органических вяжущих или битумных паст (высококонцентрированных эмульсий). В качестве разбавителей применяют жидкие органические вещества (керосин, масла и др.). Разбавителем для холодных асфальтовых мастик на битумных пастах является вода.

Битумная холодная мастика состоит из нефтяного битума, разбавителя в виде пиролизной смолы, керосина или солярового масла до 30%, наполнителя, пластификатора и антисептика.

К мастикам, приготовляемым на разбавленном вяжущем, относятся битумные, резинобитумные, гудрокамовые. Применяются они для приклеивания рулонных кровельных и гидроизоляционных материалов, устройства защитного слоя, а также обмазочной гидроизоляции. Холодные асфальтовые мастики, изготовленные на битумных пастах, применяются для литой и штукатурной гидроизоляции, заполнения деформационных швов в сооружениях.

Все виды холодных мастик при нормальной температуре должны быть однородными, подвижными и легко наноситься слоем толщиной до 1 мм. Теплостойкость таких мастик должна быть не ниже 70 °С. Холодные мастики отвердевают вследствие испарения легких фракций растворителя, частичного проникновения растворителя в основание, на которое они наносятся, и полимеризации. Время затвердевания мастики должно быть не более 48 ч.

Холодные мастики удобны в работе, особенно в сырое и холодное время года.

Холодные мастики могут храниться продолжительное время. Гудрокамовая холодная мастика состоит из гудрокама, нефтяного битума, разбавителя и наполнителя. В качестве разбавителя для получения холодных мастик применяют летучие или нелетучие жидкие

органические вещества. Летучие разбавители бывают легкие, средние и тяжелые. Летучие легкие: бензин авиационный, бензин автомобильный, бензин-растворитель, бензин экстракционный; средние: мигроин тракторный, бензин-растворитель и уайт-спирит; тяжелые: керосин тракторный, керосин осветительный, масло. В качестве нелетучих разбавителей применяют нефтяные масла: машинное, трансформаторное, смазочное, соляровое, а также жидкие нефтяные битумы, масляный гудрон, мазут.

Пример обозначения марки холодной мастики: МБК-Х-1 (с теплостойкостью 70 °С).

Виды холодных мастик

Холодные битумно-полимерные мастики (битурел, мабизел, ар-мабизел) — двухкомпонентные полиуретан-битумные композиции. Применяют для защиты наземных и подземных сооружений. Обладают клеящим эффектом: на свежий гидроизоляционный слой можно приклеивать отделочные, теплоизоляционные, кровельные материалы. Срок службы более 15 лет.

Холодные битумные мастики (МБК-Х-1) изготавливаются из смеси тугоплавкого битума, извести-пушонки, асбеста и растворителя. Теплостойкость не менее 70 °С. Применяются для гидроизоляции строительных конструкций и защиты от коррозии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. История и методология строительной науки и производства: учебное пособие / [Грызлов В. С. и др.]; под ред. В. С. Грызлова.— 2-е изд., пересм. — Москва: Вологда: Инфа-Инженерия, 2019.— 200 с.: ил., табл.
2. Воронцов В. М. Архитектурное материаловедение: учебник для СПО / В. М. Воронцов.— 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021.— 408 с.: ил.: вклейка (2 с.). — Текст: непосредственный.
3. Попов К. Н., Каддо М. Б. Строительные материалы и изделия: Учеб. —М.: Высш. шк., 2001.— 367 с.: ил.
4. Справочник строителя. Строительная техника, конструкции и технологии. Издание 3-е, исправленное и дополненное. Редактор оригинального издания Х. Фрей. — Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2018.— 872 с.— (Мир строительства).
5. Системы изоляции строительных конструкций: учебное пособие / Б. М. Румянцев, О. Б. Ляпидевская, А. Д. Жуков.— 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Изд-во Моск. гос. строит. ун-та, 2016.— 596 с.
6. Современные кровельные материалы и технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. Г. Абрамян, А. М. Ахмедов, Т. Ф. Чередниченко; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. — Электронные текстовые и графические данные (6,5 Мбайт). — Волгоград: ВолгГАСУ, 2013. Учебное электронное издание комбинированного распространения.
7. Битумные композиты: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям 270102, 270105, 270205 / А. П. Ярцев, А. В. Ерофеев. — Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014.— 80 с.— 50 экз.

Учебное издание

Колесникова Людмила Григорьевна
Мокрова Марина Владимировна
Иванова Татьяна Александровна

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ
НА ОСНОВЕ БИТУМОВ

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова
Подготовка оригинал-макета М. В. Голубцов

Подписано в печать 18.02.2022. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 4.68.
Тираж 100 экз. Заказ 1458.

Издательство «Бук». 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.
Отпечатано в издательстве «Бук»