



143964, Московская область, г. Реутов,  
ул. Железнодорожная, д. 21  
Тел:(495) 651-87-41, 651-67-39, 651-68-46  
Факс: доб. 131  
е-mail: [info@korrus.ru](mailto:info@korrus.ru)  
[www.korrus.ru](http://www.korrus.ru)

## ***БИТУМНЫЕ ЭМУЛЬСИИ***

Санкт-Петербург  
Тел:(812)556-27-95  
Факс:(812)556-83-01  
[spb@korrus.ru](mailto:spb@korrus.ru)

Нижний Новгород  
Тел:(831)277-52-09  
Факс:(831)249-46-91  
[korrusnn@intrnet2.ru](mailto:korrusnn@intrnet2.ru)

Краснодар  
Тел:(3452)260-39-81  
Факс:(3452)260-39-80  
[korrus2003@mail.ru](mailto:korrus2003@mail.ru)

Тюмень  
Тел:(3452)70-16-15  
Факс:(3452)68-26-33  
[korrustum@bk.ru](mailto:korrustum@bk.ru)

Казань  
Тел:(843)275-81-75  
Факс:(843)295-76-55  
[korrus1@yandex.ru](mailto:korrus1@yandex.ru)

Воронеж  
Тел:(4732)32-12-31  
Факс:(4732)39-38-69  
[Korrus-v@mail.ru](mailto:Korrus-v@mail.ru)

Кемерово  
Тел:(3842)38-68-68  
Факс:(3842)38-68-68  
[Korrus-k@mail.ru](mailto:Korrus-k@mail.ru)

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

Битум в различной форме используется как связующий материал при строительстве дорог. При комнатной температуре битум представляет собой исключительно вязкую жидкость, непригодную для применения. Она может быть переведена в рабочее состояние тремя способами:

- нагревом;
- смешиванием с нефтяными растворителями (асфальтовый лак);
- эмульгированием в воде для образования битумной эмульсии.

Первый из способов обычно используется для получения горячих смесей при выполнении работ среднего и большого объема, и в случае, когда имеется оборудование для нагрева, хранения и нанесения битума. Это, однако, менее пригодно для небольших работ или при отсутствии оборудования. Второй способ, как правило, дороже из-за весьма дорогостоящих растворителей, которые никакой функциональной нагрузки в связующем материале не несут. Кроме того, растворители загрязняют окружающую среду и они пожароопасны. Третий способ, с использованием битумной эмульсии, не требует нагрева и обладает тем преимуществом по сравнению с горячим битумом, что здесь материал может использоваться с холодным и даже влажным наполнителем асфальтового покрытия. Асфальтовый лак также может использоваться с холодным наполнителем, но в случае, если последний влажный, необходимо добавить адгезив. Большинство эмульсий обладает удовлетворительными адгезивными свойствами, и особенно катионные эмульсии.

Цель этой работы состоит в обсуждении основных теоретических положений, касающихся битумных эмульсий и их свойств, а также в описании основных применений при дорожном строительстве.

## **2. ТИПЫ ЭМУЛЬСИЙ**

Эмульсия может быть определена как дисперсная система, в которой одна из жидкостей распределена в виде мелких капель в другой жидкости. Битумные эмульсии относятся к эмульсиям масла в воде, где битум распределен в воде, рис. 1. Интервал размера капель обычно составляет от 0,001 до 0,01 мм. Содержание битума определяется предполагаемым применением эмульсий, но обычно колеблется в пределах 30-70%.

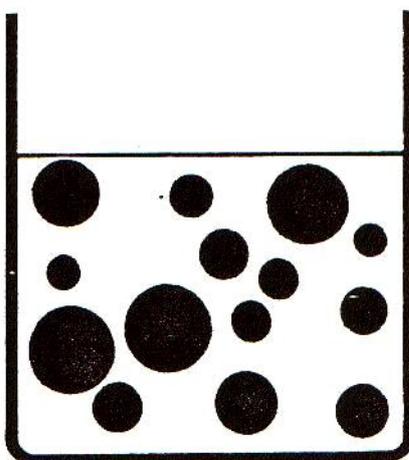


Рис. 1. Битумная эмульсия (эмульсия масла в воде).

Имеется верхний предел содержания битума в эмульсии, который в основном определяется относительным объемом двух фаз. При достижении предела объем не в состоянии вместить большее число капель без их деформации. Капли "упаковываются" настолько плотно, что они частично прилипают друг к другу и при этом вода, попавшая между каплями, превращается в капли воды. В результате получается эмульсия воды в масле или инвертная эмульсия, рис. 2. Такая эмульсия обладает природой битума с высокой вязкостью. Предел содержания битума находится в диапазоне 70-90% и зависит в основном от распределения частиц по размерам.

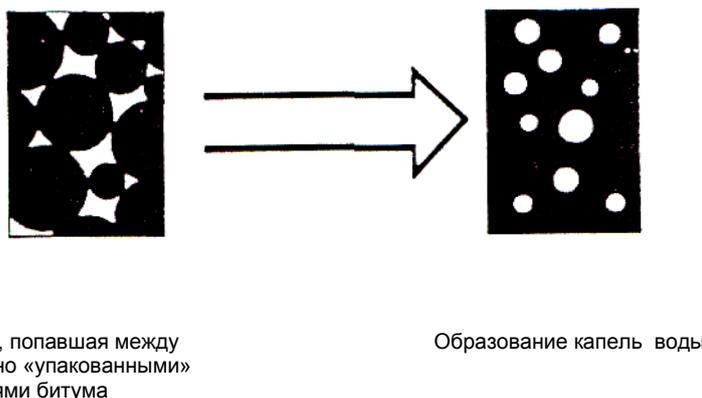


Рис. 2. Принцип образования инвертной эмульсии (эмульсия воды в масле).

Капли битума отделены друг от друга благодаря действию ионизированных молекул эмульгатора, которые ориентируются относительно поверхности капель, образуя электростатическое силовое поле. Стабильность эмульсии в значительной степени определяется напряженностью этого силового поля, см. рис. 3 и рис. 5. Если эмульгатор катионного типа, капли заряжены положительно (катионная эмульсия), в то время как с анионным эмульгатором заряд будет отрицательным (анионная эмульсия).

Помимо анионных и катионных эмульсий, существуют также не ионные эмульсии, которые иногда используются, когда требуются исключительно стабильные эмульсии, в первую очередь для холодных смесей, содержащих большие количества мелкозернистого заполнителя. До настоящего времени они находили ограниченное применение в дорожном строительстве, и в этой работе они больше рассматриваться не будут.

В большинстве стран существуют технические нормы как на анионные, так и на катионные эмульгаторы. Эти две категории эмульгаторов обычно разделяются на три класса в зависимости от стабильности эмульсии при вступлении в контакт с заполнителем или поверхностью дорожного покрытия, т.е. эмульсии быстрого, среднего и медленного структурирования. Эмульсия быстрого структурирования быстро расслаивается на поверхности заполнителя, оставляя пленку битума. Эмульсия медленного структурирования при перемешивании с заполнителем расслаивается очень медленно, что обеспечивает более длительное время для перемешивания и других рабочих процедур. Качество эмульсии обеспечивается специфицированием содержания битума, вязкости, стабильности при хранении и других свойств, см. раздел 5.

Анионные эмульсии были разработаны в начале этого века. Они получили распространение, но рост их применения был сравнительно медленным. В середине 40-х годов появились катионные эмульсии, а это означало существенный технический прогресс.

Использование эмульсий с тех пор непрерывно возрастало и в последние годы во многих странах произошло резкое увеличение использования эмульсий. Причина заключается в том, что эмульсия имеет ряд преимуществ по сравнению с прочими связками, и к ним следует отнести снижение расходов, универсальность при применении, снижение расходов энергии и загрязнения среды.

## **3. ЭМУЛЬГАТОРЫ**

### **3.1 ОБЩЕЕ**

Тщательный подбор эмульгатора играет большую роль в получении эмульсий с требуемыми свойствами. Имеется много химических соединений, которые могут быть использованы для эмульгирования битума, но по техническим и экономическим соображениям только небольшое число из них получило широкое распространение. Большая часть этих соединений может использоваться отдельно или в комбинации с одним или большим числом других соединений. Они могут быть также модифицированы различными способами для получения специальных свойств. Хороший эмульгатор должен, помимо обеспечения эмульсии соответствующих свойств, быть экономически выгодным. Кроме того, желательно, чтобы он был безопасным и простым в работе.

Эмульгатор нормально состоит из длинной углеводородной цепи, которая заканчивается анионной или катионной функциональной группой. Парафиновая часть (углеводородная цепь) иона эмульгатора ориентируется относительно поверхности битумной капли, в результате чего углеводородная цепь прочно связывается с битумом. Ионная часть при этом расположена у поверхности капли. В результате капли становятся электрически заряженными - положительный заряд для катионных и отрицательный заряд для анионных эмульсий.

На рис. 3 показаны ионы катионного эмульгатора и их расположение относительно капли битума. Для более ясного представления относительные размеры ионов увеличены прилб. в 50 000 раз.

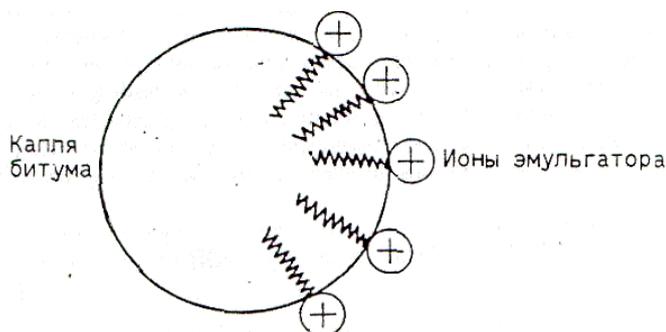


Рис. 3. Капля битума с ионами катионного эмульгатора.

В катионной эмульсии положительно заряженные ионы ориентируются относительно поверхности битумных капель. Отрицательно заряженные хлоридные ионы притягиваются к поверхности капель положительными зарядами и ионами образует "электрический двойной слой" в эмульсии. Такой слой упрощенно представлен на рис. 4. Действительная картина, однако, намного более сложная. Сюда вовлечены все типы ионов и молекул в растворе. Соответствующая реакция имеет место в анионной эмульсии. Свойства двойного слоя оказывают сильное воздействие на устойчивость и вязкость эмульсии.

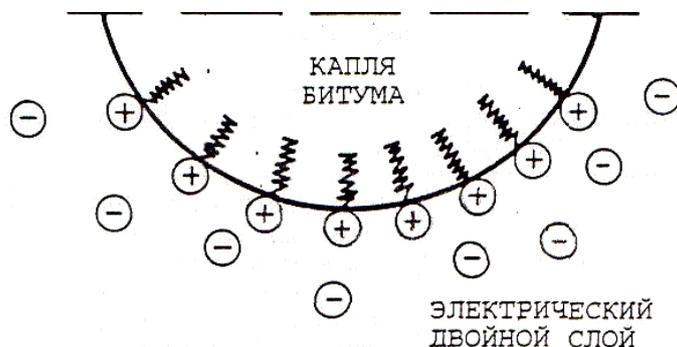


Рис. 4. Принципиальная схема электрического двойного слоя.

### 3.2 КАТИОННЫЕ ЭМУЛЬГАТОРЫ

Базой катионных эмульгаторов, как правило, являются нитросоединения с длинными углеводородными цепями, такие как алкиламины. Алкиламины являются поверхностно активными соединениями с сильным воздействием на поверхностное натяжение. Они экономичны и могут быть легко приобретены. Для удовлетворения почти любых требований алкиламины могут быть модифицированы рядом способов. Некоторые из наиболее распространенных соединений представлены в таблице 1.

Таблица 1. Некоторые типичные катионные соединения, обычно используемые как эмульгаторы.

ТИП СОЕДИНЕНИЯ	ХАРАКТЕРИСТИКИ	КЛАСС ЭМУЛЬСИИ
Моноамины	Состояние при комнатной температуре: паста. Редко используется отдельно как эмульгатор. Необходимо вступление в реакцию с кислотой.	Быстрое структурирование
Диамины	Состояние при комнатной температуре: паста или жидкость. Высокоэффективное средство, используемое отдельно или в комбинации с другими соединениями. Необходимо вступление в реакцию с кислотой.	Быстрое структурирование
Четвертичные аммониевые соединения	Состояние при комнатной температуре: жидкость. Используется отдельно или в комбинации с другими соединениями. Не требуется вступление в реакцию с кислотой за исключением того случая, когда желательна низкая pH.	Среднее или медленное структурирование
Алкоксилированные амины	Состояние при комнатной температуре: жидкость. Редко используется отдельно, но являются полезными как компонент в составленном эмульгаторе. Требуется вступление в реакцию с кислотой.	
Амидамины	Состояние при комнатной температуре: паста или жидкость. Могут использоваться отдельно или в комбинации с другими соединениями. Необходимо вступление в реакцию с кислотой.	Быстрое или среднее структурирование

\* R представляет углеводородную цепь с 8-22 атомами углерода.

Санкт-Петербург  
Тел:(812)556-27-95  
Факс:(812)556-83-01  
[spb@korrus.ru](mailto:spb@korrus.ru)

Нижний Новгород  
Тел:(831)277-52-09  
Факс:(831)249-46-91  
[korrusnn@intrnet2.ru](mailto:korrusnn@intrnet2.ru)

Краснодар  
Тел:(3452)260-39-81  
Факс:(3452)260-39-80  
[korrus2003@mail.ru](mailto:korrus2003@mail.ru)

Тюмень  
Тел:(3452)70-16-15  
Факс:(3452)68-26-33  
[korrustum@bk.ru](mailto:korrustum@bk.ru)

Казань  
Тел:(843)275-81-75  
Факс:(843)295-76-55  
[korrus1@yandex.ru](mailto:korrus1@yandex.ru)

Воронеж  
Тел:(4732)32-12-31  
Факс:(4732)39-38-69  
[Korrus-v@mail.ru](mailto:Korrus-v@mail.ru)

Кемерово  
Тел:(3842)38-68-68  
Факс:(3842)38-68-68  
[Korrus-k@mail.ru](mailto:Korrus-k@mail.ru)

Функциональное действие большинству эмульгаторов обеспечивается вступлением их в реакцию с кислотой. Кислота - в большинстве случаев хлористоводородная кислота - вступает в реакцию с азотом и образует ионы аммония. В установке периодического действия это часто выполняется постепенным добавлением кислоты и эмульгатора в горячую воду при непрерывном перемешивании, рис. 8. Регулирование pH выполняется после введения и растворения всего эмульгатора добавлением дополнительного количества кислоты до получения правильного показателя pH. В установке непрерывного действия эмульгатор впрыскивается в водяную линию. Кислота добавляется тем же способом и реакция происходит до поступления воды в мельницу. Для установок такого типа, рис. 9, предпочтительно иметь жидкие и легко диспергируемые эмульгаторы. Реакция между амином и хлористоводородной кислотой представлена на рис. 5.

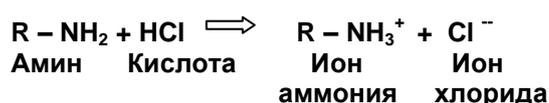


Рис. 5. Пример химической реакции для получения соли амина.  
R представляет углеводородную цепь с 8-22 атомами углерода.

Четвертичное соединение аммония является солью и уже в ионизированной форме. Соль растворяется в воде и не требует какой-либо реакции с кислотой. Однако, если необходимо, регулирование pH может быть выполнено с помощью хлористо-водородной кислоты.

### 3.3 АНИОННЫЕ ЭМУЛЬГАТОРЫ

Анионные эмульгаторы обычно базируются на жирных кислотах. Молекула жирной кислоты состоит из длинной углеводородной цепи и заканчивается карбоксильной группой. Раствор эмульгатора готовится взаимодействием анионного эмульгатора с гидроокисью натрия. Эта реакция называется омылением. Показатель pH анионной эмульсии выше 7 и эмульсия обычно содержит избыток гидроокиси натрия, которая вступает в реакцию с любыми "природными" кислотами содержащимися в битуме. На рис. 6 представлена типичная реакция для анионного эмульгатора.

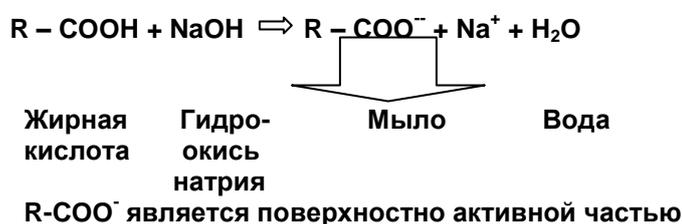


Рис. 6. Типичная реакция для получения анионного мыла.  
R представляет углеводородную цепь с 9-21 атомом углерода.

## **4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭМУЛЬСИЙ**

### **4.1 ОБЩЕЕ**

Установка для изготовления битумной эмульсии может быть периодического или непрерывного действия и в нее обычно входит коллоидная мельница. При осуществлении технологического процесса раствор эмульгатора и битум проходят через коллоидную мельницу, где происходит эмульгирование. Раствор эмульгатора и битум подаются в мельницу насосами. Раствор эмульгатора содержит воду, эмульгатор, кислоту и, если требуется, стабилизатор, которые тщательно перемешиваются в соотношениях, обеспечивающих однородный раствор с правильным показателем pH. Используется чистый битум или битум, смешанный с растворителем, как например, дизельное топливо. Из мельницы поступает горячая эмульсия, которая подводится к промежуточному баку, где она охлаждается до поступления в бак окончательного хранения или в барабаны.

В процессе изготовления температура эмульсии не должна достигать 100°C, и рекомендуемая температура колеблется в пределах 85-95°C. Для предотвращения местного перегрева перепад температур между битумом и раствором эмульгатора должен поддерживаться как можно меньшим. Однако битум должен иметь достаточно высокую температуру, чтобы он мог перекачиваться. Для 60%-ной эмульсии считается, что сумма температур обеих фаз должна быть около 195°C и при этом температура эмульсии на выходе из мельницы должна составлять приibl. 90°C. С учетом указанного, оптимальные температуры приведены в таблице 2.

Таблица 2. Оптимальные температуры битума и раствора эмульгатора при изготовлении эмульсий с содержанием битума 60%.

	На градус		
	180/220	80/100	40/50
Битум	140°C	150°C	160°C
Раствор эмульгатора	55°C	45°C	35°C

До начала производства подбирается состав, обеспечивающий получение эмульсии в соответствии с применением и техническими характеристиками.

### **4.2 КОЛЛОИДНЫЕ МЕЛЬНИЦЫ**

Основными деталями коллоидной мельницы являются статор и ротор, с малым зазором между ними, составляющим обычно 0,2-0,6 мм, рис. 7.

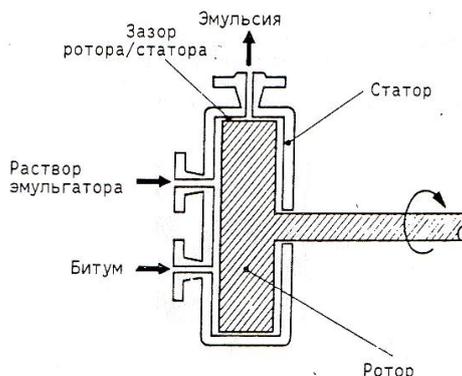


Рис. 7. Принципиальная схема коллоидной мельницы

Ротор вращается с высокой скоростью - от нескольких тысяч оборотов в минуту в больших мельницах и свыше 10 000 об/мин в маленьких лабораторных мельницах. Требуемая частота вращения связана с диаметром ротора, и параметром, определяющим подходящую частоту вращения, является окружная скорость ротора. Как зазор между ротором и статором, так и окружная скорость ротора влияют на распределение по размерам капель битума. Размер капли увеличивается либо за счет увеличения зазора, либо за счет снижения окружной скорости ротора.

Большинство мельниц оборудовано каким-либо простым перемешивающим устройством на входе, где битум диспергируется в форме капель. Это делается для предотвращения проникновения чистого битума в зазор. Для улучшения размолла в некоторых роторах на поверхности предусмотрены канавки. Производительность коллоидных мельниц колеблется в пределах от нескольких сот килограмм в час (лабораторные мельницы) до 200 тонн в час для заводских установок.

### 4.3 УСТАНОВКИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

В установке периодического действия раствор эмульгатора и битум подготавливаются в нужных количествах и при нужных температурах в дозаторах. Битум обычно хранится в баке и перекачивается в дозатор. Если требуется, выполняется добавка растворителя и его перемешивание с битумом. Дозаторы заполняются до уровней, обеспечивающих правильное содержание битума в эмульсии. Температуры порций должны быть отрегулированы до начала производства. Дозатор часто имеет конструкцию, обеспечивающую считывание количества жидкости со шкалы уровнемера. В этом случае отпадает необходимость в насосах с измерительной функцией, вместо которых могут использоваться обычные насосы.

Вода и битум проходят через мельницу до тех пор, пока не произойдет опорожнение дозатора. Поскольку количества битума и воды выбираются до начала технологического процесса, содержание битума в эмульсии будет таким, каким оно задано, рис. 8.

В некоторых установках, где горячая эмульсия охлаждается и тепло используется для нагрева воды следующей порции, применяются теплообменники.

Иногда битум подается непосредственно из бака для хранения в мельницу. При этом подача воды и битума должна тщательно регулироваться. Это может быть выполнено вручную регулировкой подачи насоса в соответствии с показаниями расходомеров или с помощью каких-либо автоматических устройств.

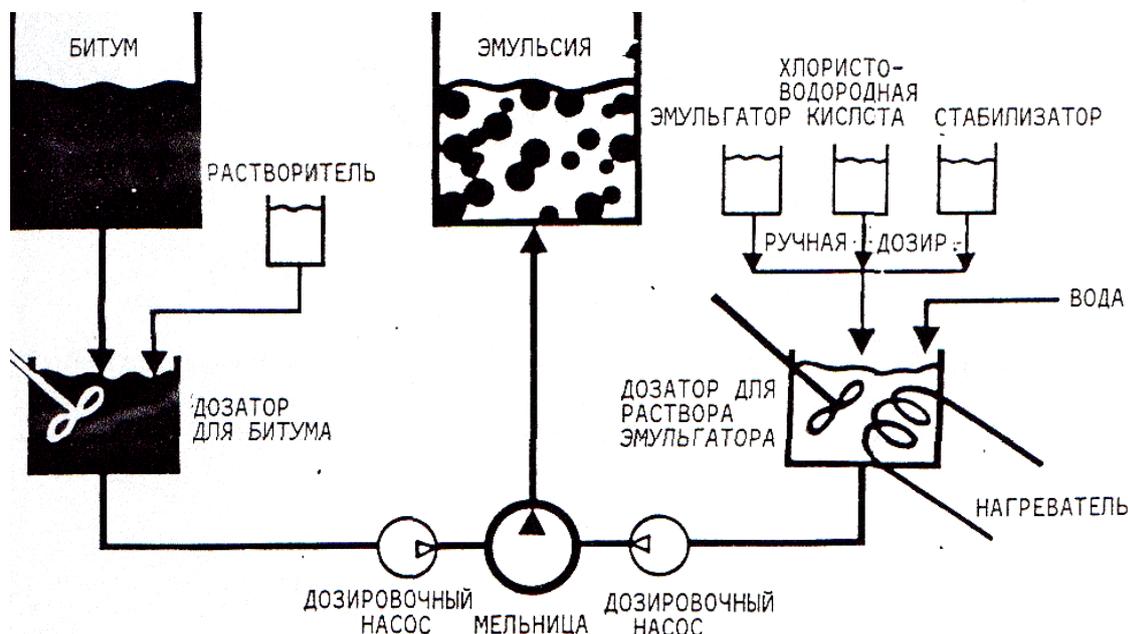


Рис. 8. Принципиальная, схема установки периодического действия.

#### 4.4 УСТАНОВКИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

В установке непрерывного действия нет дозаторов и осуществляется непосредственная подача битума и раствора эмульгатора. Раствор эмульгатора готовится автоматически и в соответствии с выбранным составом впрыскиванием эмульгатора, кислоты и стабилизатора в водяной трубопровод, где до поступления воды в мельницу эмульгатор вступает в реакцию с кислотой.

Вода нагревается до соответствующей температуры с помощью нагревателя непрерывного действия. Для установки непрерывного действия требуются эмульгаторы, которые легко диспергируются в воде, что необходимо для быстрого осуществления реакции с кислотой. Зонд для измерения pH, прикрепленный к водяному трубопроводу непосредственно перед мельницей, регулирует дозирование.

Битум, а если требуется, и растворитель также непрерывно поступают в мельницу. Битум находится в баке при правильной температуре. Установка непрерывного действия может, работать до тех пор, пока имеется материал и достаточно места для складирования продукта, рис. 9.

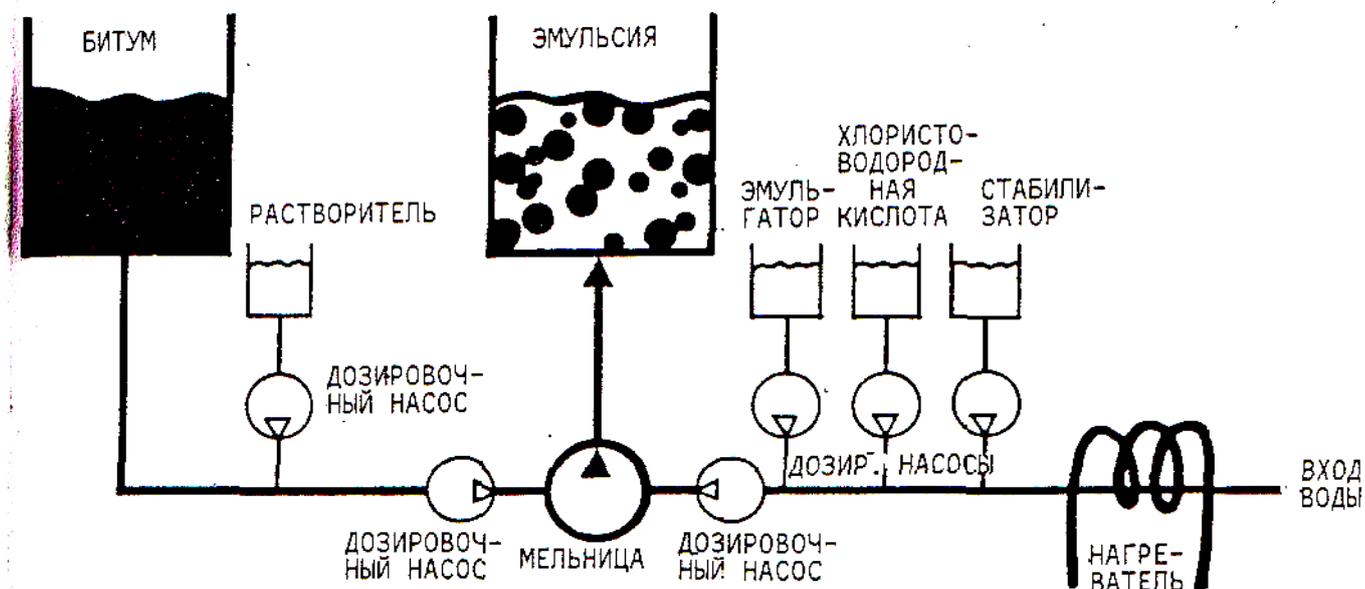


Рис. 9. Принципиальная схема установки непрерывного действия.

Основными преимуществами установок непрерывного действия по сравнению с таковыми периодического действия являются:

- Быстрый переход с одного типа эмульсии на другой.
- Снижение издержек на рабсилу и эксплуатационных расходов.
- Почти полностью исключается опасность для здоровья, связанная с использованием химикалий.
- Повышенный коэффициент использования благодаря исключению дозаторов.

## **5. СВОЙСТВА**

### **5.1 ВЯЗКОСТЬ**

Вязкость определяется как сопротивление перемещению одной части жидкости относительно другой. Для определения вязкости битумных эмульсий используются специальные вискозиметры. Изготовитель должен обеспечивать производство эмульсий с требуемой вязкостью. Вязкость должна быть задана заранее и оставаться в определенных пределах в течение всего срока хранения эмульсии. Многие факторы влияют на вязкость, но наиболее важными из них являются содержание битума, рис. 11, температура эмульсии, рис. 12, и распределение капель по размерам. Другими факторами, оказывающими влияние на вязкость, являются тип и дозировка эмульгатора, тип и дозировка стабилизатора и содержание соли в битуме. Вязкость битума также влияет на вязкость эмульсии.

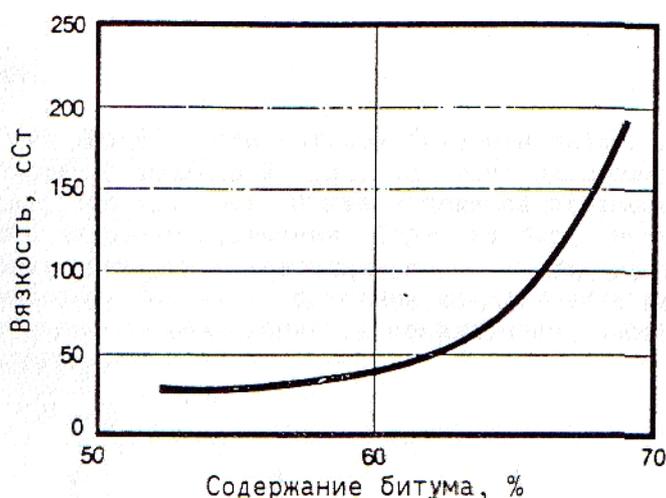


Рис. 11. Пример зависимости вязкости от содержания битума в битумной эмульсии.

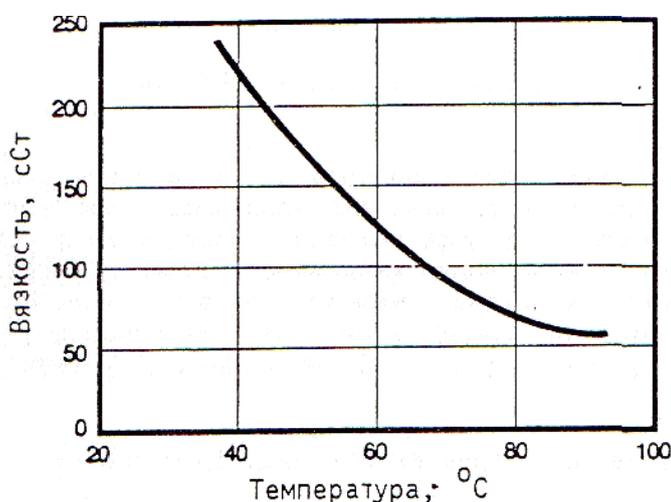


Рис. 12. Пример зависимости вязкости от температуры битумной эмульсии.

Из вышеприведенной диаграммы видно, как можно получить эмульсию с высокой вязкостью при температуре окружающей среды, что делает возможным ее использование в качестве связующего вещества для поверхностной обработки. На диаграмме также показано, как вязкость эмульсии может быть снижена при нагреве.

## 5.2 РАССЛОЕНИЕ

Расслоение - это процесс, при котором битумная фаза или часть ее перемещается ко дну сосуда с эмульсией, рис. 13. Факт расслоения эмульсии необязательно означает, что она неустойчива - плавное перемешивание часто возвращает эмульсию в исходное состояние. Если, однако, эмульсия неустойчива, то расслоение может привести к коалесценции и разрушению эмульсии, и в этом случае перемешивание уже не в состоянии восстановить качество эмульсии. Скорость расслоения эмульсии является показателем, характеризующим ее устойчивость при хранении.

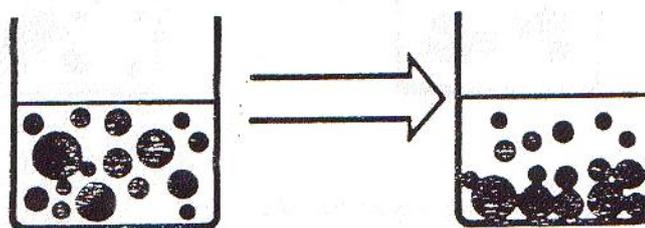


Рис. 13. Процесс расслоения.

Расслоение эмульсии происходит под действием силы тяжести и разницы в плотности между двумя фазами. Даже если эта разница небольшая, расслоение все же будет иметь место, если эмульсия содержит большие капли и содержание битума меньше, скажем, 65%. Скорость перемещения капли зависит от содержания битума в эмульсии и уменьшается с увеличением содержания битума. В эмульсиях с содержанием битума более 65% расслоение обычно пренебрежительно мало. Некоторые из методов, позволяющих уменьшить или предотвратить расслоение, указаны ниже:

- Снижение плотности битумной фазы добавлением растворителя.
- Увеличение вязкости водной фазы добавлением загустителя.
- Предотвращение флокуляции изменением типа и концентрации стабилизатора и эмульгатора или изменением pH.
- Снижение размеров капель, например, за счет улучшенного измельчения или замены эмульгатора.
- Улучшение условий хранения, например, поддержанием температуры эмульсии на уровне выше температуры окружающей среды.

В некоторых случаях капли битума могут подниматься вверх, что называется "сливкообразованием". Это может случиться в том случае, когда плотность битума меньше плотности водной фазы, например, при высоком содержании растворителя в битуме.

### 5.3 ФЛОКУЛЯЦИЯ

Флокуляция - это процесс, где капли начинают прилипать друг к другу. Очень часто при этом имеется большая центральная капля с небольшими каплями, окружающими ее. Флокулы часто могут быть вновь разделены перемешиванием.

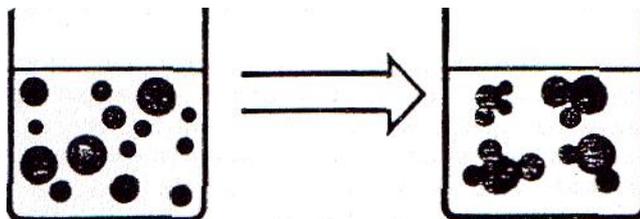


Рис. 14. Флокуляция.

### 5.4 КОАЛЕСЦЕНЦИЯ

Слияние капель в эмульсии с образованием капель большего размера называется коалесценцией. За флокуляцией часто следует коалесценция. Начало коалесценции может быть вызвано механическим действием, таким, например, как перемешивание, перекачка или вибрация. Коалесценция происходит в процессе разрушения и зависит от типа наполнителя.

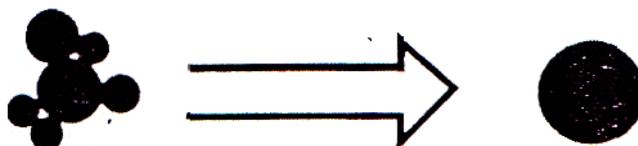


Рис. 15. Коалесценция.

### 5.5 РАЗРУШЕНИЕ

Главной целью эмульгирования битума является перевод его в жидкое состояние при температуре окружающей среды. Эмульсия должна быть стабильной при хранении и транспортировке, но при нанесении на минеральный наполнитель или поверхность дорожного покрытия она должна разрушаться с установленной скоростью. Скорость разрушения в основном регулируется типом и дозировкой эмульгатора. Однако на скорость разрушения влияют также и другие факторы, такие как тип наполнителя, температура и прочие климатические условия.

Заполнители часто классифицируются как щелочные или кислотные. Известняк является примером щелочного наполнителя, а из кислотных отметим гранит и кварцит. Однако на самом деле картина значительно сложнее. Заполнители редко состоят только из чистого минерала и при этом даже чистый минерал может иметь как щелочные, так и кислотные компоненты. Если наполнители классифицировать в соответствии с содержанием кремнезема,  $CO_2$ , и карбоната,  $CaCO_3$ , то это можно представить в виде диаграммы на рис. 16. Эта же диаграмма дает приблизительное представление об относительном числе положительных и отрицательных зарядов на поверхности наполнителя.



Рис. 16. Классификация заполнителей.

Многие заполнители могут быть также загрязнены частицами глины, которая даже в небольших количествах увеличивает скорость разрушения.

Эмульсия содержит ионы эмульгатора как в водной фазе, так и на поверхности капель. Если концентрация ионов эмульгатора высокая, ионы образуют мицеллы. В стабильной эмульсии между ионами в растворе и ионами на поверхности капель существует равновесное состояние, рис. 17.

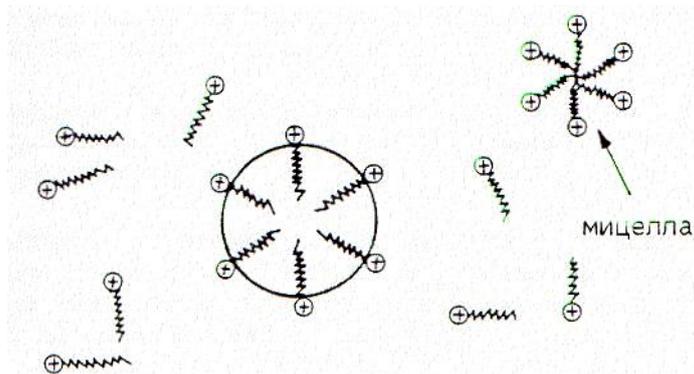


Рис. 17. Ионы эмульгатора, образующие мицеллы в стабильной системе.

В стабильной эмульсии равновесии нарушается удалением ионов эмульгатора из раствора, а равновесие восстанавливается высвобождением ионов из мицелл, если такие имеются, или ионами высвобождаемыми из поверхности капель. В последнем случае стабильность эмульсии снижается, что может оказаться достаточным для начала процесса коалесценции, что может привести к разрушению эмульсии. Это происходит, когда эмульсия наносится на поверхность минерального заполнителя. Электрические заряды на поверхности камня быстро поглощают определенное число ионов эмульгатора из водной фазы эмульсии, уменьшая таким образом число ионов эмульгатора на каплях до такого уровня, что начинается процесс разрушения, рис. 18. На реакцию между эмульгатором и поверхностью камня, а также на описанное равновесие оказывает влияние температура.

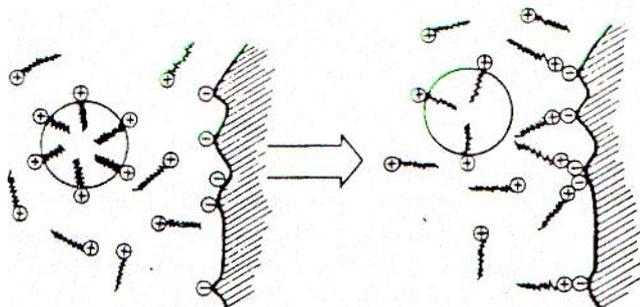


Рис. 18. Начало процесса разрушения.

Поглощение ионов эмульгатора на поверхности заполнителя изменяет природу его поверхности с переходом от гидрофильной к липофильной. В результате чего высвобождаемый в процессе разрушения битум может легко прилипнуть к поверхности заполнителя.

Поскольку у большинства заполнителей, используемых в дорожном строительстве, большая часть отрицательных зарядов находится на поверхности, катионные эмульсии обычно являются более подходящими для применения, чем анионные. Положительные заряды на каплях катионной эмульсии притягиваются к отрицательным зарядам на заполнителе, в то время как имеется только ограниченное число положительных зарядов, которые могут быть притянуты к отрицательным зарядам анионной эмульсии.

Разрушение анионной эмульсии на отрицательно заряженном заполнителе тоже может иметь место, но это разрушение происходит по причине испарения водной фазы или вследствие поглощения водной фазы пористым заполнителем. При удалении воды из водной фазы эмульсии происходит уменьшение объема для капель битума, что вызывает увеличение давления на капли. По достижении определенной точки испарения отталкивающие силы между каплями уже не в состоянии разделять их и начинается коалесценция. В процессе коалесценции некоторая часть водной фазы окажется внутри битумной фазы и образует капли воды. Эмульсия претерпела инвертирование и по внешнему виду она напоминает сейчас битум. Уловленная вода медленно испаряется и после того как она окончательно испарится, битум вновь приобретет первоначальные свойства. Этот процесс может занять от двух часов при высокой температуре до нескольких дней при исключительно низких температурах.

Ясно, что эмульсия, разрушение которой происходит почти исключительно по причине испарения, является предельно "уязвимой", до тех пор, пока не произойдет обратное преобразование.

Помимо температуры окружающей среды, на испарение водной фазы оказывают влияние такие климатические факторы, как относительная влажность и скорость ветра. Разрушение может быть ускорено воздействием механических сил, например, вибрациями от катков или даже от движения.

Влияние, оказываемое заполнителем, не ограничивается его химической природой. Физическая форма также оказывает существенное влияние на скорость разрушения. Заполнитель с высоким содержанием мелочи приведет к значительно более быстрому разрушению, чем заполнитель с малым содержанием мелочи. Это объясняется тем, что большая поверхность мелочи создает большое число электрических зарядов.

## 5.6 АДГЕЗИЯ.

Адгезия является логическим результатом разрушения. Для анионной эмульсии с кислотным наполнителем, например кремнеземом, на поверхности кремнезема имеет место поглощение неорганических катионов ( $K^+$  или  $Na^+$ ) в эмульгаторе. Эти катионы не придают олеофильных свойств поверхности, которой они поглощаются и, более того, не активируют поверхность. Результирующая адгезия является поэтому слабой.

С другой стороны, разрушение катионной эмульсии на кислотном или щелочном наполнителе приводит к усиленному поглощению органических катионов ( $R - NH_3^+$ ) на поверхностях. Эти катионы обеспечивают олеофильные свойства поверхности, которой они поглощаются, и оказывают водовытесняющее воздействие, создающее в результате прочную адгезию осажденной битумной пленки с поверхностью наполнителя. Таким образом, катионные эмульгаторы действуют как добавки, повышающие сцепление после разрушения эмульсии. Для достижения наилучших результатов в системах, где в качестве эмульгирующей добавки используется амоно-гидрохлорид, pH должно быть менее 4,5, поскольку стабильность эмульсии при хранении определяется почти полной ионизацией аминоклорида, что имеет место только при pH ниже 4,5. При очень низком pH протоны свободной хлористоводородной кислоты стремятся нейтрализовать отрицательно заряженные участки поверхностей наполнителя, в результате чего уменьшается располагаемая площадь для ионов амина.

В таблице 3 обобщены результаты, полученные для катионных и анионных эмульсий с двумя типами наполнителей.

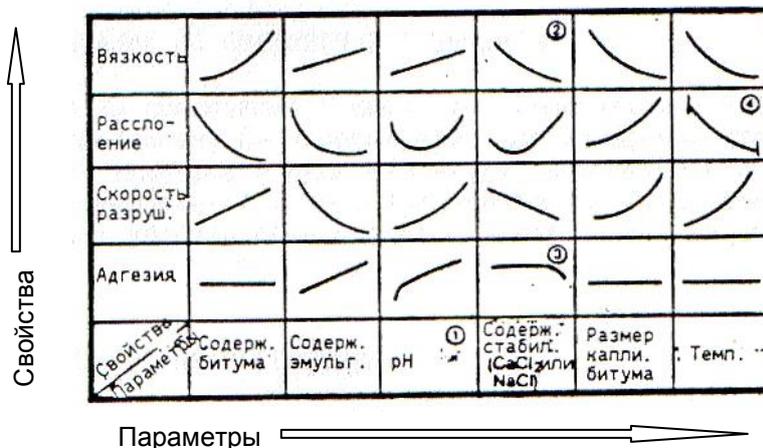
Таблица 3. Результаты для катионных и анионных эмульсий с двумя типами наполнителей.

Эмульсия	Заполнитель	Результаты	
		Скорость разрушения	Адгезия
Анионная	Кислотный	Медленная	Слабая
Анионная	Щелочной	Средняя	Хорошая
Катионная	Кислотный	Высокая	Прекрасная
Катионная	Щелочной	Высокая	Хорошая

## 5.7 ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭМУЛЬСИЙ НА ИХ СВОЙСТВА

Сказанное выше в отношении того, как параметры эмульсии влияют на свойства изготовленной эмульсии, в обобщенном виде представлено в таблице 4, и здесь в качестве эмульгатора используется алкиламин.

Таблица 4. Влияние параметров эмульсии на свойства эмульсии при использовании алкиламина в качестве эмульгатора.



- 1) Очень высокий показатель pH (5 и выше) может привести к получению неустойчивых эмульсий.
- 2) Использование стабилизатора уменьшает вязкость при высоком содержании соли в битуме.
- 3) Высокая концентрация CaCl<sub>2</sub> может уменьшить адгезию.
- 4) В определенных пределах устойчивость при хранении улучшается с повышением температуры.

## **6. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ**

В различных спецификациях на эмульсий описываются методы испытаний, которые предназначены для определения свойств определенной эмульсии. Двумя наиболее известными стандартами здесь являются стандарт Британского института и стандарт Американского общества испытания материалов. В этом разделе кратко описаны наиболее важные испытания в соответствии с данными стандартами.

### **6.1 ВЯЗКОСТЬ**

Вязкость - это сопротивление перемещению одной части жидкости относительно другой, и в случае битумных эмульсий она обычно определяется как время, необходимое для прохождения определенного количества эмульсии через калиброванное отверстие. Используется несколько типов таких вискозиметров, как например, Сейболта "Фурол", Энглера, Редвуда и STV. Во всех них используется один и тот же принцип и результаты могут быть часто преобразованы. Вязкость обычно измеряется при температуре 25<sup>0</sup>С или 50<sup>0</sup>С.

### **6.2 ОСТАТОК ПОСЛЕ ДИСТИЛЛЯЦИИ**

Соотношение в эмульсии между битумом, растворителями и водой соответственно может быть определено аналитической разгонкой. Могут быть также выполнены дополнительные испытания с битумным остатком.

### **6.3 ИСПЫТАНИЕ НА СМЕШИВАНИЕ С ЦЕМЕНТОМ**

Испытание на смешивание с цементом применяется для эмульсий с медленным структурированием. Он используется для измерения стойкости к воздействию, вызванному химической реакцией между наполнителем и эмульгатором. Образец эмульсии смешивается с портландцементом и смесь промывается через мелкое сито. Технические условия обычно ограничивают количество материала, задерживаемого ситом.

## 6.4 ИСПЫТАНИЕ НА РАССЛОЕНИЕ

В процессе хранения капли битума проявляют тенденцию к расслоению, в результате чего в верхней части образца содержание битума уменьшается. В этом испытании эмульсию оставляют в цилиндре на определенный период времени и степень расслоения определяется как разность в содержании битума в образцах из нижней и верхней части цилиндра. Испытание обычно выполняется для 24 часов или 5 дней.

## 6.5 СИТОВЫЙ АНАЛИЗ

При этом испытании определяется однородность битумных эмульсий и оно является дополнением испытания на расслоение. Испытание используется для идентификации крупных битумных частиц, которые могли быть не обнаружены при испытании на расслоение. Такие частицы могут забивать сопла распылительного оборудования и они не обеспечивают тонкого и равномерного покрытия на заполнителе.

## 6.6 ИСПЫТАНИЕ НА КРОУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ И ВОДОСТОЙКОСТЬ

Данное испытание позволяет определить способность битумной эмульсии:

- к обеспечению нанесения равномерного покрытия на заполнитель;
- противостоять смешиванию при нахождении в виде пленки на заполнителе;
- противостоять смыванию водой после завершения перемешивания.

Испытание в первую очередь предназначено для эмульсий среднего структурирования, для определения их пригодности к смешиванию с крупнозернистым известковым заполнителем. Могут быть также выполнены специальные полевые испытания.

## 6.7 ИСПЫТАНИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАРЯДА ЧАСТИЦ

Данное испытание предназначено для определения того, является ли эмульсия катионной или анионной. Два электрода, погруженные в образец эмульсии, подсоединяются к батарее, после чего выполняется проверка электродов. Если на отрицательном электроде (катод) имеются отложения битума, эмульсия катионная. Если отложение найдено на положительном электроде (анод), эмульсия анионная.

## 6.7 ИССЛЕДОВАНИЕ БИТУМНОГО ОСТАТКА

Испытание в первую очередь используется для установления того, что при изготовлении эмульсий использовался правильный базовый битум.

## **7. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ**

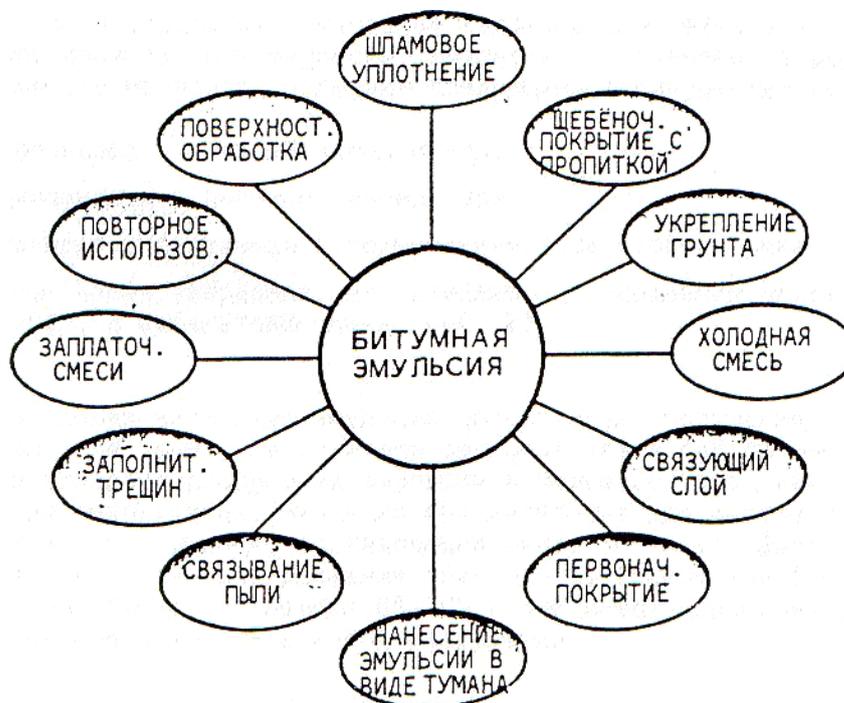


Рис. 19. Области применения битумных эмульсий.

Битумные эмульсии нашли применение во многих областях. Краткое обобщение этих областей иллюстрируется рис. 19.

### **7.1 ПОВЕРХНОСТНАЯ ОБРАБОТКА**

При поверхностной обработке связующее вещество набрызгивается на поверхность дороги гудронатором. Затем незамедлительно распределителем щебня укладывается заполнитель и сразу же выполняется укатка поверхности. Поверхностная обработка выполняется нанесением одного или нескольких (двух или даже трех) слоев. Дорожное покрытие наносится на гранулированное основание или существующие дороги многих типов, и речь здесь идет как о недорогостоящей поверхностной обработке сельских дорог, так и о создании износостойкого покрытия на дорогах со сравнительно высокой интенсивностью движения. Следует указать важность прочной основы или полотна под дорожной одеждой.

Для поверхностной обработки в качестве связующего материала используются битум, асфальтовый лак или эмульсии. Эмульсии по сравнению с двумя другими типами связующего материала обладают следующими преимуществами:

- Можно использовать влажный заполнитель.
- Нет необходимости в высокой температуре.
- Пожароопасность, связанная с применением асфальтового лака, исключается.
- Подходящее время твердения, не зависящее от испарения растворителей, как например, в асфальтовом лаке, рис. 21.

Хорошо составленная катионная эмульсия обеспечивает получение пленки на дороге, которая не течет. Заполнитель распределяется без промедления, и действие катков ускоряет разрушение эмульсии в процессе того, как заполнитель поглощает ионы эмульгатора. Эмульсия предназначена для обеспечения хорошей адгезии в период разрушения, составляющий менее 30 минут. Дорога затем может быть открыта для медленного движения транспорта. Содержание битума в используемых эмульсиях обычно составляет 65-70% и они имеют ограниченную устойчивость при хранении и короткое время разрушения.

## 7.2 ШЛАМОВОЕ УПЛОТНЕНИЕ

Несмотря на то, что шламовые уплотнения были разработаны на ранней стадии появления битумных эмульсий, они не получили значительного распространения в дорожном строительстве. Одна из причин состоит в необходимости изготовления специальных эмульсий для соответствия составляющим смеси. Шламовое уплотнение получается смешением эмульсии, мелочи, воды и (если требуется) минеральных заполнителей в специально сконструированных распределителях на рабочей площадке. Данный материал используется как для профилактических, так и ремонтных работ, и сюда можно отнести заделку поверхностных трещин, предотвращение окисления или придание открытым поверхностям свойств, предотвращающих проникновение воды и воздуха. Шлам обычно наносится слоем толщиной от 3 мм до 6 мм. Поверхность вначале подвергается обработке щетками и затем слегка увлажняется. Смесь наносится с помощью смесителя-распределителя и после ее нанесения начинается отверждение. После разрушения смеси ее иногда укатывают для повышения прочности.

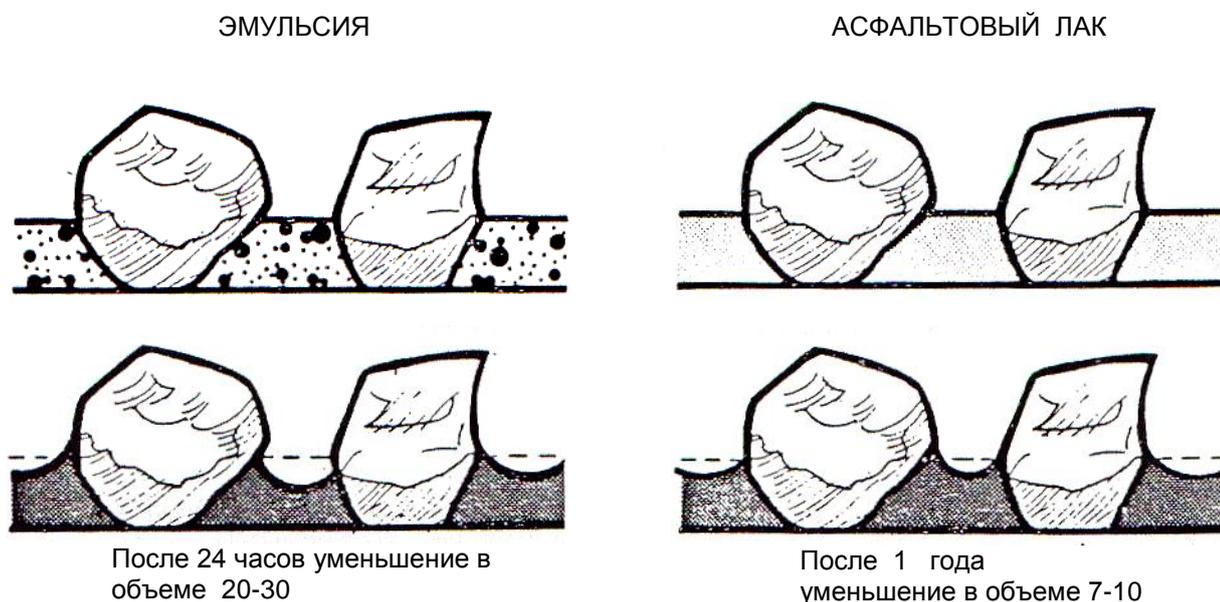


Рис. 21. Сравнение процесса отверждения для эмульсий и асфальтового лака.

Обычно используются эмульсии медленного или среднего структурирования с содержанием битума 60-65%. В нормальных случаях требуется 10-25% эмульсии из расчета по заполнителю. Для обеспечения шламу требуемой вязкости, в процессе ее перемешивания добавляют некоторое количество воды. Обычно количество воды составляет 6-15% в пересчете на массу сухого заполнителя.

Высокая окружающая температура сильно ускоряет процесс разрушения и состав шлама должен модифицироваться. В зависимости от температуры, с помощью специальных добавок.

Санкт-Петербург  
Тел:(812)556-27-95  
Факс:(812)556-83-01  
[spb@korrus.ru](mailto:spb@korrus.ru)

Нижний Новгород  
Тел:(831)277-52-09  
Факс:(831)249-46-91  
[korrusnn@intrnet2.ru](mailto:korrusnn@intrnet2.ru)

Краснодар  
Тел:(3452)260-39-81  
Факс:(3452)260-39-80  
[korrus2003@mail.ru](mailto:korrus2003@mail.ru)

Тюмень  
Тел:(3452)70-16-15  
Факс:(3452)68-26-33  
[korrustum@bk.ru](mailto:korrustum@bk.ru)

Казань  
Тел:(843)275-81-75  
Факс:(843)295-76-55  
[korrus1@yandex.ru](mailto:korrus1@yandex.ru)

Воронеж  
Тел:(4732)32-12-31  
Факс:(4732)39-38-69  
[Korrus-v@mail.ru](mailto:Korrus-v@mail.ru)

Кемерово  
Тел:(3842)38-68-68  
Факс:(3842)38-68-68  
[Korrus-k@mail.ru](mailto:Korrus-k@mail.ru)

### 7.3 ЩЕБЁНОЧНОЕ ПОКРЫТИЕ С ПРОПИТКОЙ

На щебень разбрызгиванием наносится горячий битум или битумная эмульсия. Если движение по щебёночному покрытию начинается до выполнения поверхностной обработки, то на покрытие следует нанести тонкий слой среднезернистого заполнителя. В качестве износостойкого покрытия для щебня используется асфальтобетон или же здесь выполняется поверхностная обработка.

### 7.4 УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТА

Укрепление грунта с помощью эмульсии может использоваться для повышения прочности заполнителей или для увеличения несущей способности основания. Операция может выполняться различными способами. Независимо от используемого способа, результат укрепления в значительной степени будет зависеть от подбора правильного количества воды для предварительного увлажнения заполнителя.

Одним из способов укрепления является использование подвижной установки, которая является самопередвижной мешалкой. В ней перемешивается заполнитель с битумной эмульсией при перемещении вдоль дороги. Установка обеспечивает укладку равномерного, хорошо перемешанного слоя на поверхность дороги, который затем уплотняется.

Другой способ состоит в использовании мешалки лопастного типа. В ней предусмотрена передвижная смесительная камера, установленная на самоходной машине. Вращающиеся лопасти в смесительной камере срезают поверхностный материал на определенную глубину и перемешивают его с битумной эмульсией. При перемещении вперед машина срезает избыток материала с обеспечением правильного уровня, рис. 23. Нанесение эмульсии затем может быть выполнено либо с использованием распылительной системы, установленной на мешалке, либо с помощью отдельного распределителя битума.

Третий метод состоит в использовании лопастного смесителя : грейдером. Этот способ не обладает эффективностью двух других систем, но является наиболее простым. Эмульсия наносится распределителем на валик насыпанного материала. Затем в работу немедленно вступает грейдер и лопасть на машине перемешивает материалы за счет поворотного и опрокидывающего действия.

### 7.5 "ХОЛОДНЫЕ" СМЕСИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

В "холодных" смесительных установках эмульсия смешивается с не нагретым заполнителем. Поскольку имеется много типов битумных эмульсий, представляется возможным удовлетворить многие требования при составлении холодных смесей с различными типами заполнителя.

"Холодные" смесительные установки могут иметь различные исполнения в зависимости от смеси, которую они изготавливают. Можно использовать очень простые установки, что означает низкие капиталовложения в оборудование. Это важное преимущество при осуществлении проектов в отдаленных районах. Существенная экономия может быть также достигнута при использовании местных необработанных заполнителей.

При изготовлении холодных смесей практически нет выбросов, что представляет большое преимущество по сравнению с горячими смесями. Использование не нагретого заполнителя означает экономию энергии, а также снижение пожароопасности.

С эмульсиями изготавливаются как смеси с заполненными пустотами, так и с открытыми пустотами. При использовании высококачественного заполнителя в комбинации с эффективным оборудованием и технологией, холодные эмульсионные смеси обеспечивают такое же качество, как и горячие смеси.

## 7.9 СВЯЗЫВАНИЕ ПЫЛИ

Движение транспорта на грунтовых дорогах создает большое количество пыли. Разбрызгивание битумной эмульсии на поверхности дороги обеспечивает решение данной проблемы. Используются разбавленные эмульсии медленного структурирования. Эмульсия с содержанием битума около 60% разбавляется водой в соотношении 1:5. Удельная величина разбрызгивания зависит от поверхности дороги, но обычно колеблется в пределах 0,5-2.0 л/м<sup>2</sup>. Для работы используются распределители битума.

## 7.10 НЕБОЛЬШИЕ РЕМОНТЫ ДОРОГ

Заделка трещин часто выполняется с использованием битумных эмульсий. Появление трещин объясняется многими причинами и характеризуется разнообразием форм, начиная от небольших волосных трещин и кончая трещинами с раскрытием 20-30 мм. Очень маленькие трещины трудно заделать надежно. Большие трещины заполняются эмульсией, смешанной с мелкозернистым песком, но при этом оставляют несколько миллиметров до поверхности. После затвердевания оставшийся объем заполняется чистой эмульсией. На поверхность наносится песок, предотвращающий унос материала колесами автомобилей.

Холодные эмульсионные смеси могут использоваться для заделки выбоин и поврежденных участков. Если объем работы небольшой, то перемешивание может быть выполнено вручную на рабочем месте. Часто с успехом можно использовать местные заполнители.

Для ремонта выбоин также используется способ, при котором выбоина заполняется заполнителем до уровня покрытия, а затем оставшийся объем заполняется разбрызгиванием битумной эмульсии, которая проникает в заполнитель. Окончательная отделка поверхности выполняется с использованием мелкозернистого песка.

## 7.11 ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА

Повторное использование асфальтовых покрытий получает все большее распространение и особенно в США. Для осуществления холодного перемешивания при повторном использовании материала хорошо подходят битумные эмульсии. Данный процесс часто выполняется на месте.

## 7.12 ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА

Битумные эмульсии, представляющие собой дисперсные системы, образованные из мелких капель битума в воде, обладают как преимуществами, так и недостатками дисперсионной среды - воды. Эмульсии хранятся при температуре от 10<sup>0</sup>С до 85<sup>0</sup>С, в зависимости от температуры, требуемой для применения. При хранении при более высоких температурах емкости должны быть изолированы. В качестве греющей среды можно использовать горячую воду или пар. Можно использовать также нефтяные горелки.

Когда требуется нанесение эмульсий быстрого и среднего структурирования в диапазоне повышенных температур, то используются более высокие температуры хранения. Однако пониженные температуры хранения часто используются, например, при хранении и транспортировке в барабанах.

Эмульсии нельзя нагревать выше температуры 85<sup>0</sup>С и не допускается замерзание эмульсий. В противном случае материал не может быть использован по назначению. При нагреве битумных эмульсий в процессе транспортировки, а также в баках или распределителях следует предусмотреть перемешивание для предотвращения или уменьшения образования поверхностного слоя. При хранении в баках для предотвращения расслоения выполняется слабое перемешивание. При хранении в

барабанах рекомендуется до начала использования эмульсий прокатить барабаны несколько раз по земле и устранить тем самым расслоение, которое могло иметь место.

Перед разбавлением битумных эмульсий следует проверить их совместимость с водой. Всегда следует добавлять воду в эмульсию, а не эмульсию в воду.

Запрещается смешивание различных типов эмульсий в баках для хранения, распределителях и т.д.

### 7.13 ВЫБОР ТИПА ЭМУЛЬСИИ

При выборе типа и марки битумной эмульсии прежде всего следует принимать во внимание назначение эмульсии. После выбора группы эмульсий для определенной цели следует рассмотреть прочие факторы. При принятии решения необходимо учитывать свойства заполнителя и способность эмульсии покрывать заполнитель. Следует проверить пригодность катионной или анионной эмульсии для соответствующего заполнителя. Обычно катионные эмульсии обладают более универсальными свойствами в отношении различных заполнителей. Эмульсии среднего и медленного структурирования, будучи более стабилизированными, в меньшей степени зависят от выбора типа заполнителя, хотя при выборе анионной или катионной эмульсии действительными являются те же основные принципы.

Важными являются также и предполагаемые погодные условия при выполнении работ. Укажем здесь температуру воздуха, влажность, скорость ветра и возможность выпадения осадков. Свойство эмульсии в отношении разрушения и адгезионные характеристики зависят от испарения воды. Хотя атмосферные условия и условия на поверхности являются менее критическими для катионных эмульсий, они все же в отношении достижения оптимальных результатов в некоторой степени зависят от погодных условий.

Прочими факторами, которые необходимо принимать во внимание, являются наличие воды, географические условия, управление движением и наличие оборудования. Важную роль играет также оценка, основанная на использовании местного опыта.

При выборе эмульсии можно руководствоваться некоторыми практическими указаниями, но лабораторные испытания настоятельно рекомендуются. Для подбора наилучшей эмульсии для предполагаемой области применения необходимо выполнить оценку различных типов эмульсий. Эмульсии быстрого структурирования характеризуются быстрым осаждением связующего вещества при вступлении в контакт с дорожным покрытием и заполнителем. Они не годятся для смешивания с заполнителем. Эмульсии с высоким содержанием связующего вещества обычно используются горячими, в то время как прочие эмульсии используются холодными. Эмульсии среднего структурирования имеют скорость разрушения, обладающую достаточной задержкой для обеспечения смешивания с крупным заполнителем или заполнителем с прерывистым гранулометрическим составом. Эти эмульсии используются как холодными, так и горячими. Эмульсии медленного структурирования имеют скорость осаждения связующего вещества, которая обеспечивает достаточную задержку для возможности осуществления смешивания с мелким заполнителем и плотным заполнителем, или для достаточного проникновения в поверхность до разрушения. Эти эмульсии обычно используются холодными. Данные, приведенные в таблице 5, можно использовать в качестве своего рода рекомендаций при выборе типа эмульсии.

Таблица 5. Рекомендации по выбору типа эмульсии.

	Быстрое структурирование	Среднее структурирование	Медленное структурирование
Поверхностная обработка	•		
Шламовое уплотнение			•
Щебёночное покрытие с пропиткой	•		
Укрепление грунта		•	•
Холодные смесительные установки - смеси с заполненными пустотами - смеси с открытыми пустотами		• •	•
Связующий слой	•	•	•
Первоначальное покрытие		•	•
Нанесение эмульсии в виде тумана		•	•
Связывание пыли			•