

Т. А. МАРКОВА

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР

ДБП
532.695
M26

ПРИМЕНЕНИЕ ЭМУЛЬСИЙ В ДОРОЖНОМ ДЕЛЕ

38554
РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР

уп 85
РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР

19 36

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА ЛЕНИНГРАД

В книге Т. А. Марковой «Применение эмульсий в дорожном деле» рассматриваются вопросы получения, испытания и применения эмульсий в дорожном строительстве. Книга рассчитана на инженерно-технических работников дорожного строительства и дорожных лабораторий.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящей книге собраны разрозненные данные о методах изготовления, испытания и применения дорожных, битумных и дегтевых эмульсий.

Помимо литературных данных, в книге использованы лабораторный и производственный опыты бывш. Мособлдортранса, который применял дорожные эмульсии в больших масштабах, чем где-либо в СССР.

Значительная часть книги посвящена описанию испытаний эмульсии, причем для сопоставления приведены испытания, применяемые за границей и у нас.

Так как битумная эмульсия в последние годы находят себе широкое применение в различных областях народного хозяйства, то этому вопросу в конце книги посвящена отдельная глава.

ВВЕДЕНИЕ

Дорожная эмульсия представляет собой дегтевой или битумный связующий материал, получивший значительное распространение в дорожностроительной практике многих стран.

За границей эмульсии являются патентованными материалами, способ изготовления которых держится фирмами в секрете.

Первый патент был выдан еще в 1889 г. Практическое значение эмульсии получили, начиная с 20-х годов этого столетия. С этого времени применение эмульсии быстро возрастает и обгоняет иногда потребление горячего битума. Так, в Дании¹ за период 1928—1931 гг. при росте потребления связующих материалов в 73% (если принять 1928 г. за 100%) потребление горячего битума снизилось на 50%, применение дегтя выросло на 100%, а применение эмульсий возросло на 108% и равняется сумме примененных дегтя и горячего битума (в тоннах).

Использование эмульсий в дорожном строительстве и в ряде других производств — в производстве изолирующих материалов, битумных красок и лаков, средств для предохранения от ржавчины металлов и т. д. — объясняется удобствами применения битума, особым образом переведенного в жидкое состояние при обыкновенной температуре.

В СССР эмульсии были впервые испробованы в 1928 г. на опытных участках под Москвой, Ленинградом и в Крыму, причем применяли импортные эмульсии: битумные и дегтевые (марок «Колас», «Магно» и «Висалит»).

В 1929 г. в Ленинграде впервые была изготовлена эмульсия и разлита на опытном участке на Петергофском шоссе. В дальнейшем дорожные и нефтяные исследовательские институты занялись выработкой советской рецептуры эмульсий.

¹ Цифры взяты из неопубликованного отчета Академии коммунального хозяйства.

Дорожная эмульсия получила производственное значение с 1931 г., когда было освоено производство эмульсий на эмульсионной базе битум. Мособлдортранс под Москвой.

Наряду с Московской работала частично и Ленинградская база, продукция которой была очень незначительна.

Эмульсионная база битум. Мособлдортранс изготовила за период 1931—1935 гг. 1900 *т* эмульсии, которые были использованы на подмосковных шоссе для пропитки, поверхностной обработки и ремонта черных дорог.

В СССР получили развитие эмульсии битумные; дегтяные эмульсии не привлекли вследствие невысокого качества дорожных дегтей и вообще малого распространения дегтей в нашем дорожном строительстве.

Исное и полное представление о свойствах и особенностях изготовления, испытания и применения битумной эмульсии нельзя получить, не будучи знакомым с основами и терминологией коллоидной химии. Поэтому мы считаем целесообразным дать предварительное краткое сведения о дисперсных системах и эмульсиях вообще.

Глава I

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ

Кристаллоиды и коллоиды. Еще сравнительно недавно многообразный мир химических веществ делили на вещества кристаллоидные и коллоидные. К кристаллоидам относили вещества, легко образующие кристаллы, имеющие точно определяемый молекулярный вес, определенные точки кипения, замерзания и плавления. В растворенном виде кристаллические вещества легко проходят через различного рода растительные и животные перегородки, как пергамент, животный пузырь и др.

К коллоидам относили тела «аморфные», не образующие кристаллов, имеющие трудно определяемый часто очень большой молекулярный вес и, что особенно сильно отличало их от кристаллоидов, неспособные диффундировать, т. е. распространяться в чистом растворителе и проникать через животные и растительные перегородки.

Эта особенность и служила способом отделения коллоидов от обычно им сопутствующих кристаллоидов.

В середине прошлого столетия ученый Грехем, впервые изучавший эти «аморфные» вещества, назвал их «коллоидами» от греческого слова колла — клей, который является типичным коллоидом).

Но уже в XX веке новыми работами в области коллоидов было установлено, что между ранее обособленными «коллоидами» и «кристаллоидами» нет резкой границы и что одно и то же вещество, в зависимости от растворителя и условий опыта, может вести себя и как кристаллоид, и как коллоид. Так например, поваренная соль в водном растворе ведет себя как кристаллоид, а в бензольном — как коллоид. Кроме того, выяснилось, что способность равномерно распространяться в растворителе, т. е. способность, как говорят, диффундировать, характерная для кристаллоидов и являвшаяся главным отличием их от коллоидов, имеет ряд промежуточных значений, доходя до нуля

у ясно выраженных коллоидов. Этими фактами было установлено, что нет особого мира коллоидов, а есть лишь коллоидное или кристаллоидное состояние вещества.

При таком понимании коллоидов пришли к необходимости изучать не только вещества, но и всю дисперсную систему, в которой вещество тонко распределено — диспергировано.

В понятие дисперсной системы входит два новых понятия: дисперсионная среда — растворитель и дисперсная фаза — распределенное в ней вещество.

В зависимости от тонкости распределения вещества в дисперсионной среде дисперсные системы подразделяются на:

1) истинные или молекулярные растворы, в которых тонкость дисперсии доведена до молекулярных размеров; размеры молекулярных частиц определяют сложными расчетами, так как существующими в данное время приборами невозможно не только измерить, но даже заметить их существование;

2) собственно коллоидные растворы, в которых дисперсные частицы значительно больших размеров и представляют собой комплексы молекул, присутствие которых в системе может быть обнаружено с помощью ультрамикроскопа;

3) суспензии (или эмульсии) — системы, в которых дисперсная фаза настолько груба, что ее присутствие и размер можно легко определить исследованием под микроскопом.

Эти три класса дисперсных систем связаны между собой гаммой меняющихся свойств и величиной дисперсных частиц.

Примером истинного раствора являются растворы многих неорганических солей, кислоты, щелочи и т. п.; примером коллоидного раствора — клей, белок, раствор желатины, очень многие краски; примером эмульсии — молоко.

Золь и гель. Жидкие коллоидные растворы называются золями (от слова *sol* — раствор); примером их является раствор клея, раствор мыла, белка, очень многие краски. Иногда коллоидные растворы с жидкой дисперсионной средой имеют вид ступня; такие коллоиды называются гелями, например гель кремневой кислоты.

Необратимые и обратимые коллоиды. При потере коллоидной системой растворителя получается сухой остаток, который при соприкосновении с растворителем может или вновь перейти в раствор, образуя первоначальный золь (обратимый коллоид), или же остаться без изменения (необратимый коллоид).

Классификация дисперсных систем. По степени дисперсности эти системы несколько искусственно, но практически удобно распределить на следующие группы:

суспензии (эмульсии) имеют частицы от 0,1 μ и выше; коллоидные системы имеют частицы величиной от 0,1 μ до 1 μ ; истинные растворы имеют частицы от 1 μ до 0,1 μ .¹

Но агрегатному состоянию Вольфганг Оствальд, не придавая во внимание истинных растворов, делит дисперсные системы по физическому состоянию составляющих компонентов на 9 классов (табл. 1).

Таблица 1

№ п.п.	Дисперсионная среда	Дисперсная фаза	Наименование системы
1	Твердое тело	Твердое тело	Весьма редким образом сплавы и минералы с различными твердыми, жидкими и газообразными включениями
2		Жидкость	
3		Газ	
4	Жидкость	Твердое тело	Суспензии и суспензоиды
5		Жидкость	
6		Газ	
7	Газ	Твердое тело	Различные пенны
8		Жидкость	
9		Газ	
			Практически не существует

Считая, что при большой дисперсности трудно судить, имеем ли мы в дисперсной фазе твердое или жидкое тело, Вильям Уоррест классификацию Оствальда и предложил следующие три класса.

1. Дисперсные системы с газообразной дисперсионной средой высокой и низкой степени дисперсности (пены).

2. Дисперсные системы с жидкой дисперсионной средой высокой и низкой степени дисперсности (сюда относятся суспензии, эмульсии и собственно коллоидные золи).

3. Дисперсные системы с твердой дисперсионной средой различного рода минералы).

Значение дисперсных систем. Уже из приведенных выше примеров видно, как богата и разнообразна область, где мы встречаемся с явлениями коллоидной химии.

¹ 1 μ (микрон) = 0,000 001 м (10⁻⁶).

1 μ (миллимикрон) = 0,000 000 001 м (10⁻⁹).

Процессы, протекающие в протоплазме растительных и животных клеток, в минералах, горных породах и сплавах, производство маргарина, мыла, красок и т. д. подчиняются законам коллоидной химии.

Методы получения дисперсных систем. Получить дисперсные системы можно двумя способами: или раздроблением крупных кусков вещества до нужной дисперсности или соединением молекул из истинных растворов в агрегаты соответственной дисперсности.

В дальнейшем мы подробно остановимся на первом методе дисперсионном и лишь кратко коснемся второго метода коаггуляционного.

К дисперсионным методам относятся методы пенитизации и механического раздробления.

П е н и т и з а ц и я называется способ переводения твердого тела, обычно в данном растворителе нерастворимого, в раствор при помощи удачно выбранного реагента — пенитизатора. При этом не происходит химической реакции растворения твердого тела, так как уравнения реакции здесь написать нельзя, но при определенных условиях твердое тело, обычно заранее осажденное из какого-либо истинного раствора, переходит в золь.

Например выпавший в виде осадка гидрат окиси железа переходит при незначительном добавлении соляной кислоты в гидрат окиси железа.

М е х а н и ч е с к и й м е т о д. Простейший механический способ получения дисперсных систем заключается в растирании в ступке вещества, подлежащего диспергированию, с каким-либо не реагирующим с ним, но растворимым в растворителе веществом. Степень дисперсности увеличивается при этом по мере увеличения времени, потраченного на растирание.

Шагом вперед явилось применение так называемых коллоидных мельниц различных систем, позволяющих достигнуть большой степени дисперсности и в сравнительно небольшое количество времени.

К о н д е н с а ц и о н н ы й м е т о д. К нему относятся многочисленные способы соединения между собой молекул и ионов в агрегаты. Условия получения агрегатов молекул должны быть так подобраны, чтобы прервать процесс по достижении этими агрегатами определенной, желаемой величины:

- 1) метод восстановления, или, другими словами, нейтрализация присущих ионам электрических зарядов;
- 2) метод обесцвечива;

3) зародышевый метод — рост коллоидных частиц на имеющих в жидкости ничтожно малых «зародышах» — центрах конденсации;

4) различные электрические методы распыления и конденсации в вольтовой дуге.

Устойчивость дисперсных систем. Полученные тем или иным способом дисперсные системы обладают в различной степени устойчивостью, т. е. способностью большее или меньшее время сохранять свои первоначальные свойства. Для придания устойчивости дисперсным системам в золи, суспензии и эмульсии прибавляют стабилизаторы, которые сообщают частицам дисперсной фазы электрический заряд и окружают их защитной оболочкой.

Коагуляция. Коагуляцией называется процесс распада дисперсной системы и выпадения дисперсной фазы в осадок. Стабильную систему можно лишить устойчивости и добиться выпадения дисперсной фазы в осадок при действии на нее коагулянтов.

Коагулянты действуют на защитную оболочку и на зарядность системы. При введении в систему электролита другого знака, чем тот, которым заряжена система, дисперсная фаза, адсорбируя на своей поверхности противоположный заряд, нейтрализуется и выпадает в осадок.

Если каким-либо способом нарушить защитную пленку вокруг диспергированной частицы, то система будет тоже нарушена, и дисперсная фаза скоагулируется.

Методы изучения дисперсных систем и законы, которым дисперсные системы подчиняются, чрезвычайно сложны; многие еще находятся в стадии изучения и предположений. Более подробно с этим вопросом можно ознакомиться в специальной литературе по коллоидной химии.

Глава II

ПОНЯТИЕ ОБ ЭМУЛЬСИЯХ

Поверхностное натяжение. Эмульсией называется дисперсная система, состоящая из двух несмешивающихся между собой жидкостей, из которых одна (дисперсная фаза) распределена в другой (в дисперсионной среде) в виде мельчайших капелек. Величина частиц — от 0,1 μ и выше.

В зависимости от условий получения эмульсии каждая из жидкостей может быть и дисперсной фазой и дисперсионной средой.

При процессе дробления (диспергирования) какого-либо определенного объема вещества чрезвычайно увеличивается суммарная его поверхность.

Представим себе, что имеется какой-либо объем вещества, равный 1 см^3 . Будем делить его на все меньшие и меньшие кубики. Общий объем вещества останется тем же, а суммарная поверхность полученных кубиков возрастет во много раз. В табл. 2, составленной Оствальдом, приведены данные изменения суммарной поверхности при делении куба (табл. 2).

В эмульсии, как и в любой двухфазной системе, в точках соприкосновения двух жидкостей существует поверхность раздела двух фаз. Чем выше дисперсность системы, чем больше суммарная поверхность диспергированного вещества, тем больше поверхность раздела и тем

большее значение приобретают для всей системы явления, происходящие в поверхностных пограничных слоях.

Это явление происходит потому, что при увеличении поверхности число расположенных на ней молекул данного вещества увеличивается за счет уменьшения числа молекул, находящихся в глубине объема вещества. Молекулы же, находящиеся на поверхности, обладают совершенно особыми свойствами и особым запасом энергии по сравнению с количеством энергии, присущим молекулам, находящимся внутри вещества. Каждая молекула внутри данного объема вещества испытывает совершенно одинаковое притяжение со стороны всех соседних, окружающих ее молекул; межмолекулярные силы притяжения уравновешены, и молекула находится в равновесии.

Молекулы поверхностного слоя подвергаются неравномерному воздействию молекулярных сил и притяжением соседних молекул втягиваются вглубь вещества.

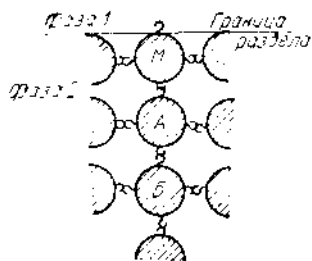
Схематично и примитивно это можно изобразить следующим образом (фиг. 1). Молекулы *А*, *Б* находятся в равновесии; молекула *М* со стороны 1-й фазы ничем не уравновешена и втяги-

Таблица 2

Длина сторон куба	Число кубов	Суммарная поверхность
1 см	1	6 см ²
1 мм	10 ³	60 "
0,1 мм	10 ⁶	600 "
0,01 мм	10 ⁹	6000 "
1 м	10 ¹²	6 м ²
0,1 м	10 ¹⁵	60 "

входит влутрь 2-й фазы. Чтобы вытиснуть молекулу M на поверхность и этим увеличить поверхность, нужно произвести какую-то работу. Эта работа, произведенная против молекулярных сил и отнесенная к 1 см^2 вновь образованной поверхности, называется **поверхностным натяжением**. Поверхностный слой всегда содержит некоторый избыток энергии по сравнению с количеством энергии, заключенной в такой же величины слое глубинных молекул вещества. Этот избыток равен поверхностному натяжению и называется **свободной поверхностной энергией**.

Как и всякая энергия, поверхностная энергия в системе с высоко развитой поверхностью стремится к уменьшению. Уменьшение может идти за счет самопроизвольного процесса коагуляции, т. е.



Фиг. 1. Схема расположения молекул.

соединения тонкодисперсных глобул — капельек вещества в один большой шар, сохраняющий тот же объем, но имеющий наименьшую возможную поверхность, или же, при сохранении той же дисперсности, за счет возникновения поверхностного натяжения системы.

Это достигается введением в систему вещества, уменьшающего поверхностное натяжение на границе раз-

дела двух фаз. Такое вещество называется **поверхностно-активным**. Значение его будет ясно из следующего примера.

Если пробирку, наполненную равными количествами масла (минерального или растительного) и воды, некоторое время взбалтывать, то получится масляная эмульсия молочно-белого цвета; при этом масло механически диспергировалось в воде. Но полученная эмульсия очень неустойчива и распадается вскоре на масло и воду.

Если прибавить в пробирку незначительное количество мыла (натровой или калиевой соли жирной кислоты) и снова ее взбалтывать, то вновь получившаяся эмульсия будет значительно устойчивее, и расслоение на масло и воду произойдет позднее. В первом случае поверхностная энергия понижалась за счет уменьшения дисперсности, во втором — за счет уменьшения поверхностного натяжения на границе масло—вода.

Адсорбция. Если прибавленное в систему вещество понижает поверхностное натяжение, то концентрации вещества на границе

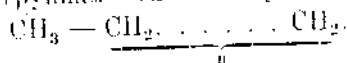
раздела фаз увеличивается по сравнению с концентрацией его во всем объеме растворителя. Вещество будет адсорбироваться на границе раздела. Если же прибавленное вещество будет повышать поверхностное натяжение, то концентрация вещества на границе раздела будет уменьшаться.

Адсорбцией называется накопление избытка вещества в поверхностном слое. Адсорбция повышается с увеличением концентрации поверхностно-активного вещества до некоторого предела, после которого адсорбция остается без изменения. Этот предел наступает при полном насыщении поверхностного слоя молекулами поверхностно-активного вещества.

Эмульгаторы. Для получения стабильной (стойкой) эмульсии недостаточно ввести в систему какое-либо поверхностно-активное вещество, нужно еще, чтобы это вещество, растворимое или тонко диспергированное в одной из жидкостей и понижающее при этом поверхностное натяжение, адсорбируясь на границе раздела, образовало достаточно механически прочную защитную пленку. Вещества, удовлетворяющие этому требованию, называются эмульгаторами.

Работами химиков Лапгмюра и Харкина было установлено, что молекулы поверхностно-активных веществ состоят из активной или полярной группы, обладающей большим числом ионичных валентностей, и неактивной, неполярной группы. К числу активных групп относятся группы COOH , OH , COONa (K), NH_2 , CH_2 , NH , NCS и т. д., т. е. группы, содержащие O, S, N или двойные связи.

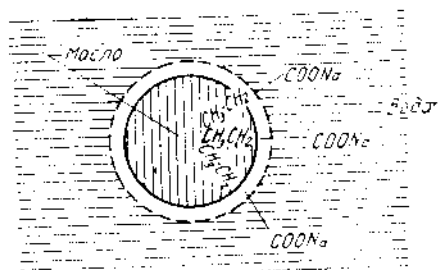
К неактивным группам относятся углеводородные цепи:



Из всех исследованных жидкостей самой полярной оказалась вода.

Механизм действия эмульгатора мы разберем на следующем примере. Рассмотрим систему — масло, вода и мыло (Фиг. 2)¹.

¹ Revue générale de routes, 1931.



Фиг. 2. Схема защитной пленки.

Мыло представляет собой натровую соль стеариновой кислоты и имеет следующую формулу: $C_{18}H_{35}O_2Na$, или в развернутом виде:

$$\begin{array}{ccccccc} CH_3 & - & CH_2 & \dots & CH_2 & - & COONa \\ \text{неактивная группа} & & & & & & \text{активная группа} \end{array}$$

Молекулы мыла, адсорбируясь на границе раздела, ориентируются следующим образом. Полярная группа $COONa$ поворачивается к воде как к наиболее полярной жидкости, а углеводородная цепь погружается в масло. Таким образом, введенным в систему мыла (ввиду наличия у него активной и пассивной групп) создается переход от одной жидкости к другой. При таком расположении эмульгатора на границе раздела поверхностная энергия уменьшается до минимума и станет возможным распределение одной жидкости в другой.

Наиболее устойчивой эмульсия будет тогда, когда полученная защитная мыльная пленка, толщиной в одну молекулу, будет уплотнена молекулами эмульгатора до отказа. При недостаточном количестве эмульгатора механически прочной защитной оболочки не получится.

Отсюда ясно, что для получения тонкой дисперсии необходимо большее количество эмульгатора, чем при получении грубой, и обратно: при недостаточном количестве эмульгатора уже полученная каким-либо путем тонкая дисперсия устойчивой не будет и частично коагулирует. Кроме веществ, дающих молекулярные, а также коллоидные растворы в одной из жидкостей, для получения эмульсии применяются также тонко раздробленные твердые вещества, например глина, сажа и т. д. Твердый эмульгатор будет адсорбироваться на поверхности раздела жидкость-жидкость; при этом получится сетка с частицами порошкообразного эмульгатора в ее петлях.

В качестве эмульгаторов можно применять следующие вещества: мыла жирных, нефтяных и сульфонефтяных кислот, сульфитный щелок, тапшн, силикатель, лигнин, растительные клеи, гуминовую кислоту и ее соли, крахмал, желатину, патоку, альбумин, казеин, сажу, коллоидальные глины, неорганические окиси и гидроксиды, едкие щелочи, буру и др.

Стабилизаторы. Наряду с термином «эмульгатор» в литературе по эмульсиям очень часто встречается термин *стабилизатор*. Однако этому слову дается не всегда ясное определение. Например, В. М. Шалфеев¹ считает стабилизатором

¹ Труды Научно-исследовательского автодорожного института. Исследования по строит. черных дорог, вып. II, 1932.

вещество, «введение которого имеет целью придать эмульсии большую стойкость». Но то же самое является и целью эмульгаторов. Карл Нейбронер¹ приводит следующее различие между эмульгаторами и стабилизаторами: 1) эмульгаторы, растворимые в воде, представляют собой мыло или материалы, содержащие мыло, которые снижают поверхностное натяжение воды и образуют предохранительную пленку, способную давать реакции; 2) эмульгаторы, не растворимые в воде. — это мелко раздробленные органические или неорганические вещества, в большинстве аморфные; они не снижают поверхностного натяжения или снижают его лишь незначительно и образуют индифферентные защитные пленки; 3) стабилизаторы представляют собой органические или неорганические вещества, которые растворяются или разбухают в воде. В большинстве случаев они не влияют (или очень мало влияют) на поверхностное натяжение воды; они образуют способные к реакциям защитные пленки, а также индифферентные пленки, чем усиливают действие пленок из эмульгатора».

Из приведенных определений совершенно не видно отличий между эмульгаторами и стабилизаторами: и те и другие снижают или не снижают поверхностные натяжения воды, дают защитную пленку и реагирующую и не реагирующую. И тем и другими могут быть и органические и неорганические вещества.

Выше указывалось, что эмульгатором называется поверхностно-активное вещество, растворимое или тонко распределяющееся в воде, которое понижает поверхностное натяжение на границе двух фаз и способное, адсорбируясь на границе раздела, образовывать защитные пленки. Таким образом эмульгатор — это вещество, придающее стабильность эмульсии, в то время как стабилизатор есть понятие более общее, т. е. это — вещество, придающее стабильность всякой дисперсной системе, в том числе и эмульсии, и суспензии, и чисто коллоидным растворам. Например, чтобы сделать стабильным гидрозоль золота, который относится к необратимым коллоидам, к нему прибавляют некоторое количество обратимого коллоида — желатины. В этом случае желатина будет стабилизатором.

Типы эмульсий. Возьмем две жидкости, например масло и воду. Из них можно получить два типа эмульсий: эмульсию «масла в воде» и эмульсию «воды в масле». Получение той или другой эмульсии достигается выбором надлежащего эмульгатора. Так, при употреблении эмульгатора, растворимого в воде, будет

¹ Те с т и н д В и т м е н 1931. К вопросу о классификации битумных эмульсий.

получаются эмульсии «масла в воде»; в случае применения эмульгатора, лучше растворяющегося в масле, образуется эмульсия «воды в масле». При употреблении легко растворимых в воде натровых солей жирных кислот получается эмульсия М-В; кальциевые соли тех же кислот, в воде не растворимые, но легко растворяющиеся в масле, образуют эмульсию «В-М», т. е. дисперсионной средой будет та жидкость, которая лучше растворяет эмульгатор.

Если в качестве эмульгатора применяются твердые порошкообразные вещества, то дисперсной фазой будет та жидкость, которая лучше смачивает твердый порошок. Таким образом в процессе образования эмульсий наблюдается некоторая зависимость, которая объясняется следующим образом: Натровые мыла, адсорбируясь на границе раздела, образуют оболочку, которая легче смачивается водой, чем маслом: поверхностное натяжение со стороны воды будет меньше, чем со стороны масла. Так как внутренняя поверхность оболочки, окружающей шарик, меньше внешней, то оболочка стремится выпнуться так, чтобы обволакивать масляный шарик, находящийся в воде. Вследствие этого поверхность на стороне с большим поверхностным натяжением по сравнению с поверхностью с меньшим поверхностным натяжением понижается до минимума.¹ Обратное явление получается при употреблении кальциевого мыла: при этом пленка выпячивается в сторону воды.

Экспериментально доказано, что дисперсная фаза несет на себе электрический заряд. Заряд возникает при адсорбции дисперсной фазой имеющихся в растворе электролитов и также при электролитической диссоциации молекул эмульгатора в одном растворе на отрицательно и положительно заряженные ионы. В частности, частицы-глобулы масла в эмульсии будут заряжаться отрицательно. Такие одноименно заряженные шарики, встречаясь, будут отталкиваться друг от друга. Положительный заряд будет при этом находиться в дисперсионной среде, так что вся дисперсная система будет электрически нейтральной.

Броуновское движение. Это явление отчетливо наблюдается в тонких коллоидных растворах, представляет собой беспорядочное движение диспергированных частиц под влиянием ударов молекул растворителя. В эмульсии это движение

¹ Кдс и т. о., Теория эмульсий, т. VI, 1932.

-становится значительно слабее и заметно лишь среди частиц не превышающих своими размерами 4—5 μ .

Стабильность или устойчивость эмульсий. Устойчивостью эмульсии называется ее способность сохранять более или менее продолжительное время свои свойства и свою дисперсность. Устойчивости эмульсии способствует одноименная зарядность капель дисперсной фазы. Кроме того, как это установлено для всех дисперсных систем, эмульсия тем устойчивее, чем мельче ее дисперсность. При полном насыщении поверхностного слоя адсорбированными молекулами эмульгатора защитная пленка обладает наибольшей механической прочностью; в этом случае эмульсия является наиболее стабильной.

Коагуляция эмульсий. Коагуляцией называется распад эмульсий и выпадение дисперсной фазы в осадок.

Коагуляция наступает при следующих условиях:

1. При недостаточной зарядности.

2. При введении в систему электролита другого знака, который, адсорбируясь глобулей — шариком дисперсной фазы, вызывает нейтрализацию заряда.

3. При разбавлении эмульсии большими количествами воды.

В этом случае коагуляция происходит оттого, что между защитной пленкой эмульгатора в защитной пленке и концентрацией его в объеме растворителя существует определенное подвижное равновесие, которое нарушается при увеличении объема растворителя, при этом часть адсорбированного в поверхностном слое эмульгатора переходит в раствор, а оставшаяся часть уже не может восполнить защитную пленку.

4. При увеличении дисперсности среды свыше определенного предела, когда между частицами дисперсной фазы уже не остается прослойки дисперсной среды, и система нарушается.

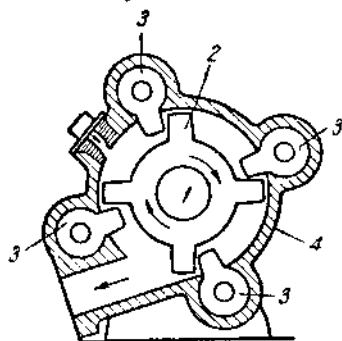
5. При удалении из эмульсии эмульгатора, например при адсорбировании из эмульсии щелочи или мыла каменным материалом или при улетучивании эмульгатора (аммиака в воздух).

6. При действии агентов, растворяющих или свертывающих пленки поверхностно-активного вещества, например спирта, солей и т. д.

Получение эмульсий и различные системы масел и гомогенизаторов. В промышленности и технике наибольшее применение нашли эмульсии типа «М-В», и в дальнейшем речь будет идти именно об эмульсиях «масла в воде», к которым принадлежат битумные и дегтевые эмульсии.

Для получения эмульсий необходимо обе составляющие жидкости в присутствии активного эмульгатора и при правильно подобранных условиях температуры привести в быстрое движение. При этом масса разбивается на мелкие шарики, которые в момент своего возникновения окружаются защитной пленкой эмульгатора. В зависимости от удачного или неудачного подбора и сочетания эмульгатора, температуры, количеств составных частей и способа механической обработки смеси получается стойкая, тонкодисперсная эмульсия или грубая и неустойчивая.

Техника насчитывает значительное количество методов получения эмульсий. К числу простейших относятся следующие



Фиг. 3. Схема коллоидной мельницы.

способы: растирание в ступке вещества дисперсной фазы с эмульгатором, растворимым в воде, и дальнейшее смешивание его с водой; получение эмульсии посредством взбалтывания в шюттель-аппарате. Эти способы имеют лишь лабораторное применение.

Впервые удалось получить тонкие эмульсии и в значительных количествах в так называемой «коллоидной мельнице» Плаусона (фиг. 3).¹

Аппарат этот представляет собой закрытую коробку, в которой со скоростью от 4000 до 15 000 оборотов в 1 мин. вращается вал 1 с насаженными на нем кольцами с лопастями-билами 2. В коробке диаметрально друг к другу расположены 2 или 4 гребенки с зубцами 3, входящими в пространства между билами. Коробка имеет рубашку 4, в которой, смотря по надобности, циркулирует горячая или холодная вода.

Вслед за мельницей Плаусона появилось много аппаратов, приводящих жидкости в движение с помощью бил, лопастей, дисков, винтового пропеллера и т. д. Существуют аппараты, работающие с непрерывно подаваемым материалом и работающие при загрузке материала отдельными порциями.

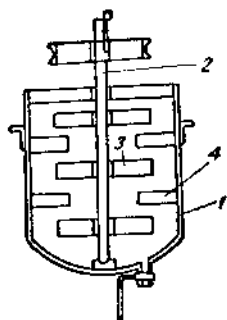
Аппараты, перемешивающие смесь всякого рода винтами и лопастями, представляющие собой открытые мешалки, обычно работают при небольших скоростях и незначительном коли-

¹ Проф. Наумов, Коллоидная химия, Москва 1932.

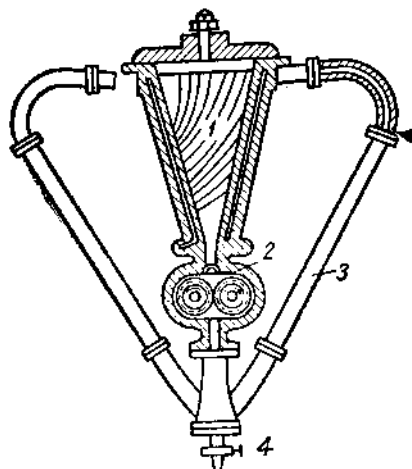
честве оборотов. Другого типа аппараты, к которым относятся мельница Плаусона, гомогенизатор Гурреля и ряд других, работают на больших скоростях и на большом числе оборотов дисков или бил.

В настоящее время коллоидные мельницы-гомогенизаторы вытеснили мешалки, так как дают эмульсию лучшего качества и требуют меньшего количества эмульгатора. В качестве примера можно указать на следующие аппараты.

Лопастная мешалка ДОРНИИ (фиг. 4)¹ представляет собой цилиндрический чан 1 с коническим дном, в центре которого проходит вал 2 с насаженными на нем горизонтальными лопастями 3. К стенкам цилиндра неподвижно прикрепляются ребра 4 таким образом, чтобы они входили в промежутки между лопастями. Мешалка делает от 60—100 оборотов в 1 мин. Загрузку материала производят отдельными порциями.



Фиг. 4. Схема лопастной мешалки ДОРНИИ.



Фиг. 5. Схема гомогенизатора системы инж. Концовского.

В лопастной мешалке других типов (например ГДОРНИИ) горизонтальные лопасти заменены лопастями пропеллерного типа, расположенными под различными углами.

Для лучшего перемешивания смесей иногда центральный вал делают в виде бесконечного архимедова винта.

Коллоидная мельница (гомогенизатор) системы инж. Концовского (фиг. 5).² На этом аппарате вещество, подлежащее диспергированию, вместе с жидкостью загружают в циклон 1. В нижней части циклона помещен шестеренчатый насос 2, который

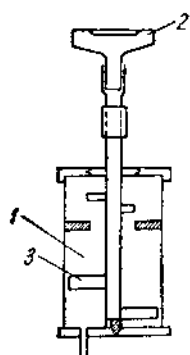
¹ «Строительство и содержание автогужевых дорог», Москва 1935.

² «Химическое машиностроение», 1933.

засасывает смесь в пленки между зубьями. Смесь выталкивается насосом через рукава 3 обратно в циклон.

По достижении нужной дисперсности смесь спускается через край 4. Внутри циклона помещена крыльчатка с изогнутыми лопастями, которая приводится в движение давлением смеси или дополнительно механическим приводом. Крыльчатка предотвращает отбрасывание внешних частиц центробежной силой к стенке.

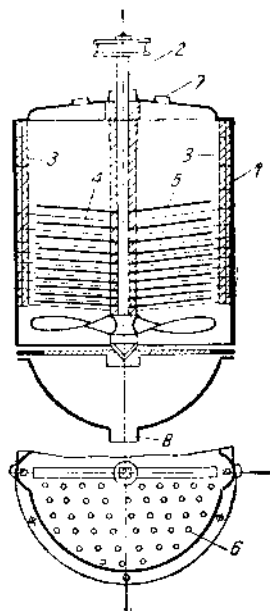
Конструкция обеспечивает многократный замкнутый цикл прохождения смеси, которая подвергается растиранию и перемешиванию.



Фиг. 6. Схема лопастной мешалки системы Н. М. Смирнова.

Лопастная мешалка системы г-на Н. М. Смирнова (Фиг. 6).¹ В цилиндрический стакан 1 загружают водный раствор эмульгатора, затем через воронку 2 наливают битум; смесь перетирается при продавливании через узкую щель между стенками стакана и лопастями 3. Те же полые лопасти, помогая диспергированию, перемешивают систему. Загрузка машины производится отдельными порциями материала.

Устройство эмульсионной машины (Фиг. 7), предложенной г-ном Ширасым², заключается в следующем. Мешалка представляет собой железный цилиндр 1. В центре цилиндра находится вал 2 квадратного сечения; на боковых стенках цилиндра имеются два стержня 3. На вал и стержни последовательно насаживают стальные бивни 4 и медные тарелки 5. Тарелки доходят вплотную до стенок цилиндра и имеют отверстия 6 с по-



Фиг. 7. Схема гомогенизатора системы г-на Ширасва.

¹ Исследования в области черных вязких материалов, 1933.

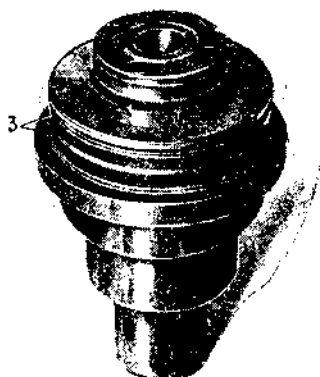
² «Дорога и автомобиль», 1934.

постепенно уменьшающимися диаметрами от 5 мм вверху до 1 мм внизу.

Отверстия служат для стока эмульсии. Стальные бивни отстоят от стенок цилиндра на 1 мм и посажены на вал под углом 45° . Расстояние между бивнями увеличивается снизу вверх. В крышке имеется отверстие 7 для загрузки материала, а внизу 8 — для выпуска готовой эмульсии. Число оборотов вала колеблется от 100 до 750. К удобствам машины автор проекта относит возможность варьирования числа бивней и тарелок, не разбирая всей машины. Работа



Фиг. 8. Общий вид гомогенизатора Лавал.



Фиг. 9. Ротор гомогенизатора Лавал.

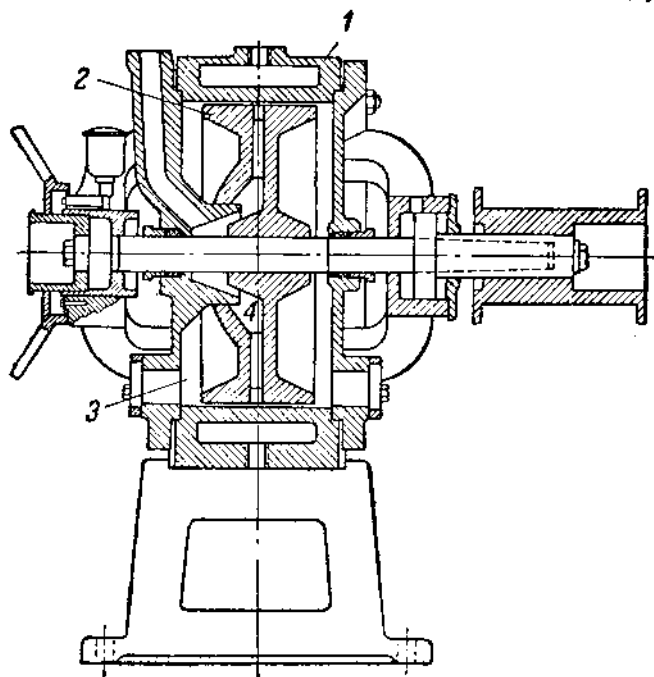
машины основана на двух принципах: интенсивное растирание и разбивание битума бивнями и одновременное протекание эмульсии через все меньшие отверстия.

Аппарат работает при загрузке отдельными порциями материала.

Гомогенизатор системы Лавал (фиг. 8) прерывного действия основан на принципе сепаратора. На фиг. 8 изображен его внешний вид. Аппарат снабжен баком предварительного смешения 1 битума и водного раствора эмульгатора, откуда смесь поступает в самый гомогенизатор 2, отдельно показанный на фиг. 9.

Скорость вращения гомогенизатора — 12 тыс. оборотов в 1 мин. Смесь битума и воды прожимается через щели 3 и собирается в кожухе гомогенизатора 4 в виде готовой эмульсии.

Гомогенизатор Гурреля (фиг. 10). Этот аппарат состоит из коробки — кожуха машины 1, в которой со скоростью 3000 оборотов в 1 мин. вращаются два соединенных между собой



Фиг. 10. Схема гомогенизатора Гурреля.

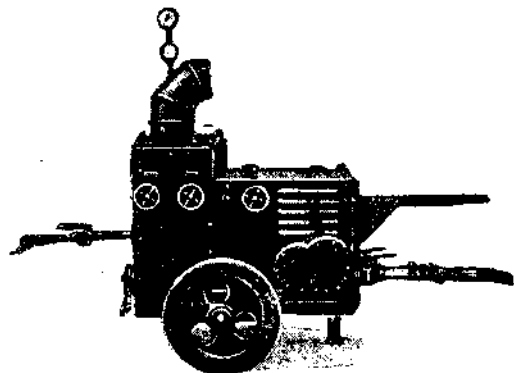
диска 2. И кожух и диски очень слабо сходят на конус по их образующей. Между кожухом и дисками имеется щель в 0,1 мм (минимум), которую можно по желанию увеличить или уменьшить, вдвигая или выдвигая диски к основанию конуса. Кожух машины заключен в паровую рубашку 3, в которой для обогрева машины перед началом работы циркулирует пар или горячая вода.

Смесь битума и воды из воронки поступает в пространство 4 между дисками; центробежной силой смесь отбрасывается к периферии дисков, продавливается через узкую щель; одновременно

происходит растирание смеси в щели между поверхностями дисков и кожуха.

Производительность гомогенизатора в среднем 1 т эмульсии в час. Гомогенизатор Гуррема — непрерывного действия — в лаборатории и на производстве, опробованный в течение нескольких лет, зарекомендовал себя как чрезвычайно удобный и несложный аппарат, дающий дисперсию высокого качества. Аппарат приводится в действие электромотором или двигателем внутреннего сгорания. Потребная мощность 30—40 НР.

Описанные выше аппараты для получения эмульсии резко делятся на две группы: аппараты непрерывного действия, как гомогенизаторы Гуррема, и аппараты прерывного действия, работающие отдельными загрузками материала — как различного рода мешалки. С таким подразделением совпадает в большинстве случаев деление по скорости и числу оборотов диспергирующей детали машины: дисков, лопастей, бил и т. д. Аппараты непрерывного действия имеют 3—5—12 тыс. оборотов в 1 мин., в то время как мешалки — 100—300—750 оборотов в 1 мин.



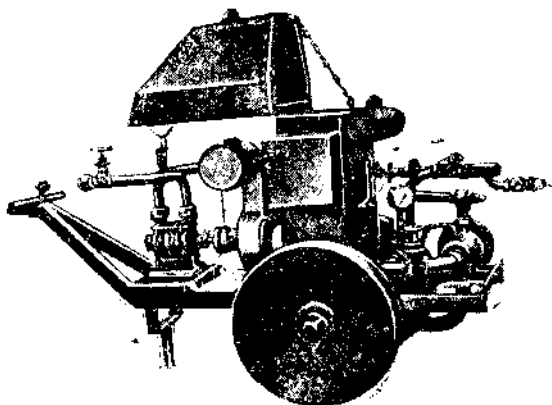
Фиг. 11. Гомогенизатор „Летающий Аяг“.

Положительные качества мешалок любого из приведенных выше образцов заключаются в их простоте и несложности изготовления, в легкости установки и возможности работать от маломощных двигателей. Однако при этом мешалки обладают и рядом недостатков, как: малая продуктивность, значительные колебания температуры массы, подвергающейся диспергированию во время работы, больший расход эмульгатора, необходимость соблюдения точного количества времени диспергирования и в зависимости от этого неодинаковые качества полученных партий эмульсии. Следует обратить внимание, что качество эмульсии, полученной в мешалке, уступает качеству

эмульсии, полученной в гомогенизаторе непрерывного действия.

Говоря о гомогенизаторах непрерывного действия, мы имеем в виду гомогенизатор Гурреля, при помощи которого вырабатывалась эмульсия на эмульсионной базе Облдортранса.

Аппарат этот сложен в обращении, производительность его 0,9—1,2 т в час, эмульсия получается высокого качества. Установки гомогенизатора могут быть стационарными, как это было в Москве, или передвижными — как в Ленинграде (фирмы Меру-Гатинвуа).



Фиг. 12. Эмульгатор „Дорожное чудо“.

Интересными, но еще неизвестными у нас в Союзе аппаратами являются гомогенизаторы «Летающий Аяг» (фиг. 11) системы А. Якоби.

В корпусе гомогенизатора заключены два центробежных насоса, подающих один воду, другой — битум в особого рода смеситель, откуда готовая эмульсия вытекает через гибкие шланги.

Аппарат работает под давлением в 2—3 атм. Гомогенизатор смонтирован на колесах, и при желании эмульсия через гибкие шланги подается непосредственно в пульверизаторы, разбрызгивающие эмульсию на дорожное покрытие.

Другим, подобным «Летающему Аягу», гомогенизатором, основанным на том же принципе, является гомогенизатор под названием «Эмульгатор дорожное чудо» («Strassen-Wunder») (фиг. 12) системы Ирмер и Эльзе.

ДОРОЖНЫЕ ДЕГТЕВЫЕ И БИТУМНЫЕ ЭМУЛЬСИИ И ПАСТЫ

Дегтевые эмульсии. Деготь представляет собой продукт переработки каменного угля без доступа воздуха, в результате которой выделяется кокс и так называемый сырой деготь, содержащий в себе ряд ценных продуктов. После отгонки из сырого дегтя воды и легких летучих составных частей остается отогнанный деготь.

При фракционной разгонке сырого дегтя из него выделяются масла: легкое, среднее, тяжелое, антраценовое и нек.

При смешении антраценового масла и нека получается пре-парированный деготь.

В дорожном строительстве употребляют отогнанный и пре-парированный дегти.

Дегтевые эмульсии относятся к довольно грубым дисперсным системам с величиной частичек дисперсной фазы от 20 до 100 μ (в среднем).

Дисперсной фазой обычно является деготь, дисперсионной средой — вода. В некоторых дегтевых эмульсиях дисперсной фазой является вода и дисперсионной средой — деготь.

Кроме дегтевых эмульсий имеются дегтевые концентраты — пасты. В виду еще относительно малого применения дегтей в дорожном строительстве опыта получения дегтевых эмульсий у нас нет.

По данным иностранных источников дегтевые эмульсии типа «Китон», «Терамульс», «Арсит», «Магпюн» представляют собой дегтевые концентраты — пасты.

К и т о н представляет собой дегтевую пасту с содержанием дегтя 60%, воды 30% и глины, служащей эмульгатором, — 10%. Паста разжижается любым количеством воды и обычно применяется для дорожных работ в виде 20—30%-ной эмульсии.

Т е р а м у л ь с представляет собой концентрат с содержанием дегтя 95% и эмульгатора 5%. Воду в количестве 40—75% добавляют на месте работ после нагрева терамульса до 60—70°C.

А р с и т представляет собой концентрат, состоящий из смеси каменноугольного и бурогоугольного дегтя, к которому добавлены от 10 до 20% нефтяной битум и эмульгатор. На месте работ концентрат разводится теплой водой.

М а г н и о н представляет собой дегтевую пасту, для получения которой в качестве эмульгатора было применено какое-то магниезальное соединение.

Образец разбавленной дегтевой эмульсии «Магнон», хранящийся в центральной лаборатории Ушосседора Московской обл., представляет собой подвижную жидкость черного, вернее темно-серого, цвета, быстро расслаивающуюся при спокойном стоянии на верхний прозрачный водный слой и темную массу дисперсного дегтя, осевшего вследствие своего большего уд. веса на низ.

Несмотря на значительный срок хранения (с 1928 г.), эмульсия не коагулирует, и при перемешивании частицы дегтя легко объединяются с водной фазой.

В дальнейшем изложении при описании отдельных испытаний будут даны результаты испытаний дегтевой эмульсии «Магнон».

Битумные эмульсии. Битумы представляют собой твердые, жидкие или газообразные смеси углеводородов, полностью растворимые в сероуглероде.

В это понятие входит большое количество веществ, к которым принадлежат нефти, природные асфальтовые битумы, минеральные воски и асфальтиты.

Более узко под битумами понимаются густые нефтяные остатки, получаемые после отгонки из нефти всех осветительных и масляных фракций.

Для придания нефтяным остаткам большей вязкости их подвергают процессу продувки воздухом или паром. В зависимости от времени продувки получившиеся битумы имеют большую или меньшую твердость, в соответствии с которой битумы разделяются на марки № 1, 2, 3 и 4.

Битумные эмульсии относятся к дисперсным системам с величиной частичек от 1 μ и выше, в которых дисперсной фазой является битум, а дисперсионной средой — вода с растворенным в ней эмульгатором.

Битумные эмульсии представляют собой темнокоричневую жидкость, обладающую незначительной вязкостью при обычной температуре, что позволяет применять ее в дорожном строительстве в обычных условиях, без подогрева.

Образцы хорошей эмульсии могут храниться, не коагулируя, в течение значительного промежутка времени. В Центральной лаборатории Ушосседора имеются образцы эмульсии изготовления 1931 г., которые и сейчас вполне пригодны для применения в дело.

При нанесении эмульсии тонким слоем на поверхность дороги эмульсия распадается на свои составные части: битум и воду.

При этом цвет эмульсии — темнокоричневый — переходит в черный, т. е. в цвет выделившегося битума.

Пасты. Ввиду того, что в эмульсии содержится от 42 до 45 % воды, то для удешевления транспорта эмульсии за счет снижения количества перевозимой балластной воды в СССР были произведены попытки получения концентрированных эмульсий — паст.

Пасты, полученные до настоящего времени, представляли собой густую мазь темносерого цвета; в большинстве случаев в качестве эмульгатора применялась глина. Количество битума в пасте колебалось от 60 до 65 %, т. е. немного больше, чем в эмульсии.

При разведении пасты для получения рабочей консистенции процент битума снижался до 30—35, что заставляло увеличивать количество примененной пасты. (В настоящее время построен опытный участок для изучения этого материала при обработке полотна дороги по способу смешения. О результатах опыта можно будет судить только в 1936 г., т. е. через некоторое время нахождения участка в эксплуатации).

Оригинальный метод получения битумной пасты предложен И. В. Смирновым. Для получения пасты из битума и воды применяли негашеную известь.

Теплота, выделяющаяся при гашении извести, использовалась для процесса получения пасты без подогрева извести. Паста предлагалась автором для получения холодного асфальтобетона, но приготовленный с применением пасты асфальтобетон имел чрезвычайно низкие механические показатели, почему он и не был испробован в широком масштабе.

Эмульсия или суспензия. Вопрос, какая система имеет место в обычной нормальной эмульсии — эмульсия или суспензия — до сих пор не решен.

Так, англичанин Ларраньяга¹ считает, что существует суспензия, поскольку битум при нормальной температуре представляет собой твердое тело.

С другой стороны, при изготовлении эмульсии битум расплавляется и представляет собой жидкость и в дальнейшем, (уже в холодном состоянии) при рассмотрении эмульсии под микроскопом, имеет форму круглых шариков, т. е. форму, характерную для жидкостей. Между тем частицы суспензий имеют самую разнообразную форму, преимущественно угловатую, палочкообразную и т. п. Такая форма в частности наблюдается

¹ «Дорога и автомобиль» № 10, 1932, «О применении битумных эмульсий».

у паст и эмульсий, полученных при незначительном нагреве битума или дегтя.

Для решения формального вопроса, имеем ли мы дело с системой эмульсии или суспензии, за критерий можно было бы взять форму дисперсной фазы, наблюдаемую под микроскопом. Но существу же совершенно безразлично, что это — суспензия или эмульсия, лишь бы данный препарат хорошо выполнял свое назначение связующего материала.

Глава IV

ВЫРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ

Описание эмульгаторов. До настоящего времени не было произведено систематических исследований, которые позволили бы группировать эмульгаторы по их способности стабилизировать эмульсии.

Опубликованные различными исследователями данные говорят лишь о том, что те или иные вещества лучше или хуже эмульгируют; эти данные относятся главным образом к способности эмульгировать бензол, растительные или минеральные масла.

Литературных данных о способности эмульгирования битумов нет.

Основываясь на литературе и перенося данные, полученные об эмульгирующей способности различных веществ с бензольных и масляных эмульсий на битумные эмульсии, в качестве эмульгаторов при получении первых эмульсий были взяты нафтяные кислоты, олеиновая кислота и жидкое растворимое стекло.

В практике московских дорожных организаций наибольшее применение получили сульфонафтяные кислоты и их мыла. Так, на Московской эмульсионной базе были последовательно применены: в сезоне 1931 г. — в рецепте ГДОРНИИ «5 в 4», «контакт Петрова» — сульфонафтяные кислоты, получаемые при очистке солярового масла; в сезонах 1932 и 1933 гг. — в рецепте «ОДИС-1» — натровая соль сульфонафтяных кислот, получаемых при очистке веретениного масла; в 1934 г. в рецепте «ОДИС-2» — жидкое мыло, представляющее собой натровые соли смеси нафтяных и сульфонафтяных кислот, получаемых при очистке вазелинового масла. К сожалению, за исключением «контакта Петрова» — относительно стандартного продукта — «эмульсит» и жидкое мыло не имели постоянного состава, и полу-

чения партии обнаруживали резкие колебания активной эмульгирующей части, главным образом за счет увеличения содержания масел.

Нефтяная промышленность, являющаяся поставщиком этого рода эмульгаторов, не заинтересована в их стандартизации, так как за исключением «контакта Петрова», являющегося продуктом, потребляемым в большом количестве текстильной и мыловаренной промышленностью, остальные эмульгаторы представляют собой отходы производства и на них имеется слишком малый спрос, чтобы организовывать их специальную очистку.

Необходимость расширения круга эмульгаторов в виду неудовлетворительного качества жидкого мыла (плохая очистка, большое количество масла, что заставляло увеличивать навеску эмульгатора при приготовлении рабочего раствора на базе) и колебания качества эмульсии поставили задачу разработать новую рецептуру к сезону 1935 г.

В качестве эмульгатора был применен сульфитцеллюлозный щелок.

При выработке первых рецептур эмульсий работали неуверенно, часто гадали и старались более или менее удачно подобрать эмульгатор, варьируя лишь его концентрацию и содержание щелочи в водном растворе, температуру и т. д.

Точно так же вырабатывался рецент «ОДНС-1».

Были испробованы в качестве эмульгаторов «черный контакт» — кислотные, очень вязкие остатки от очистки масел дымящейся серной кислотой; «эластит» — щелочный продукт очистки трансформаторного масла; «эмульсит» — отход при тщательной спиртовой очистке предварительно очищенного серной кислотой и щелочью веретенного дистиллата для получения из него медицинских и парфюмерных масел.

При применении «черного контакта» эмульсия не получалась. Из двух последних веществ «эмульсит» оказался наиболее удобным, легко растворимым в воде, с образованием коллоидного раствора, и полученная на нем эмульсия была прекрасного качества.

После нескольких пробных варов с различным содержанием щелочи и эмульгатора остановились на рецепте, который был использован для приготовления эмульсии в течение двух сезонов.

В течение этого времени былработан метод анализа эмульгатора, и из практики производства эмульсии стало ясно, какое большое значение имеет концентрация щелочи. Поэтому в практику контроля продукции и сырья эмульсионной базы ввели

определение нормальности раствора титрованием раствора эмульгатора соляной кислотой.¹

Нормальными называются растворы, содержащие 1 грамм-эквивалент вещества в 1 л воды. Растворы, содержащие 0,1, 0,01, 0,001 грамм-эквивалента в 1 л воды, называются деци-, санти-, милли-нормальными растворами и обозначаются 0,1N, 0,01N, 0,001N и т. д.

Опытным путем было установлено, что эмульсия тогда получается хорошей, когда нормальность раствора лежит в пределах 0,020—0,060. Поэтому, когда в 1934 г. назрела необходимость перейти на другой эмульгатор вследствие того, что «эмульсит» перестали вырабатывать, к подбору рецептуры подошли иначе.

Возможность применения «жидкого мыла» как мыла сульфонафтяновых и пафтяновых кислот не вызывала сомнения. Нормальность щелочи в растворе эмульгатора должна была лежать в пределах 0,020—0,060. Количество эмульгатора определяли пробой с BaCl_2 .²

В виду того, что в жидком мыле содержалось много масел, присутствие которых затемняло результаты анализа, в рецептуре был допущен избыток эмульгатора, который затем в процессе производства был снижен.

Жидкое мыло, получаемое с Константиновского нефтеперерабатывающего завода, давало в воде растворы двойного рода: из бочек мыла с большим содержанием масла — раствор молочно-белого цвета, плохо пенящийся и дающий грубую эмульсию; из бочек с меньшим количеством масла — раствор опалесцирующий, светложелтого цвета; на этом растворе при одинаковой концентрации мыла получалась хорошая эмульсия. Мы полагаем, что явление это можно объяснить следующим образом: минеральное масло, содержащееся в «жидком мыле», эмульгируется активной частью и в водном растворе даст эмульсию масла в воде. При большом процентном содержании масла в мыле соответственно уменьшается количество активной части и ее хватает лишь на то, чтобы проэмульгировать масло, на эмульгирование же битума активной части уже не хватает.

Получившееся небольшое количество масляной эмульсии в растворах светложелтого цвета распределялось в растворе,

¹ См. главу VI.

² См. главу VI.

и оставшегося количества активной части мыла было достаточно для эмульгирования битума.

Разработка рецептуры была произведена в производственных условиях.

При разработке рецептуры эмульсии на сульфитном щелоке были проделаны следующие предварительные испытания.

1. Для опробования эмульгирующей способности сульфитного щелока были приготовлены три раствора сульфитного щелока различной щелочности и раствор «контакта Петрова», который является хорошим испытанным эмульгатором. Во всех четырех случаях содержание эмульгатора было 2,5%.

Этими четырьмя растворами эмульгировалось машинное масло, которое было взято для опыта, как легко эмульгирующееся при простом встряхивании. В пробирку равными количествами наливали масло и раствор эмульгатора и от руки встряхивали 10 раз. При взбалтывании получалась более или менее устойчивая эмульсия масла в воде. За единицу сравнения принимали эмульсию на «контакте Петрова». При таком сравнении выяснилось, что наилучшая эмульсия, не уступавшая эмульсии на «контакте», получилась при употреблении 2,5%-ного раствора сульфитного щелока с нормальностью 0,054.

2. Для определения устойчивости пены эмульгатора была приготовлена серия растворов сульфитного щелока различной концентрации эмульгатора и щелока.

50 см³ раствора встряхивали от руки в колбочках Эрленмейера. При встряхивании образовывалась более или менее устойчивая пена. Устойчивой считалась пена, не исчезающая в течение 1 мин. Наиболее устойчивая пена была в пределах концентрации эмульгатора от 5 до 10%.

Затем были заготовлены три пробы эмульсии при нормальности 0,060 и с содержанием эмульгатора от 3,0 до 6,0%. Полученные данные подтвердили, что хорошая эмульсия была получена при 6%-ном содержании эмульгатора в водном растворе; с меньшим содержанием эмульгатора эмульсия получалась грубой (6% при расчете на раствор эмульгатора; на эмульсию с 50%-ным содержанием раствора эмульгатора это составит лишь 3%).

По данным Научно-исследовательского кожевенного института состав сульфитного щелока следующий (средние цифры):

Уд. вес 1,54%
Содержание воды ~ 20%

Тяниды	~ 30%	(главным образом сульфолитиновая кислота)
Метаниды	~ 50%	органика (к этой группе относятся сахара, которых бывает до 10—12%)
Зола ($\text{CaO} + \text{MgO}$)	около 5%	

Интересно отметить, что при долгом стоянии раствора сульфитного щелока на его поверхности образуется плесень.

Значение качества битума. Физико-химические особенности битума весьма существенно сказываются при процессе эмульгирования. Д-р Вебер¹, ссылаясь на литературные данные, указывает, что и «минимальные отклонения битума от стандарта сразу же отражаются на эмульсии; поэтому эмульгирование нужно обозначать как тонкую химическую реакцию на свойства битума».

В зависимости от природы нефти и от способа получения битумов они содержат в себе различные количества поверхностно-активных частей, например асфальтеновых кислот, присутствие которых облегчает эмульгирование. Наибольшее количество активных асфальтеновых кислот содержится в природных естественных битумах, которые эмульгируются легче всего. Естественные битумы легко переходят в состояние эмульсии при одной обработке щелочью.

Известным примером эмульсий такого рода являются эмульсии «Витумульс». Очевидно, что в этом битуме содержится такое количество асфальтеновых кислот, образующих при действии щелочи мыла, что их вполне достаточно для перевода битума в эмульсию.

Консистенция битума, его твердость, играет большую роль при получении эмульсии. Чем тверже битум, тем труднее перевести его в эмульсию. С одной стороны, здесь имеет значение большая вязкость твердого битума, с другой, — с увеличением твердости увеличивается содержание в битуме трудно растворимых, пассивных асфальтенов (вещество, подобное леку в дегте) и уменьшается количество смолистых активных частей.

Способы получения эмульсии. 1) Расплавленный битум смешивают с эмульгатором, щелочь растворяют в теплой воде. Обе жидкости тонкой струей вливают в мешалку и быстро размешивают.

¹ Д-р Вебер, Изучение битумных эмульсий, «Kolloid Zeitschrift», 1933.

2) Эмульгатор и щелочь растворяют в воде, горячий водный раствор и расплавленный битум вливают тонкой струей в мешалку при быстром вращении. При непрерывном способе производства эмульсии более принят второй метод; в частности, так изготовляли эмульсию на Московской эмульсионной базе.

Температура водного раствора и битума. С повышением температуры повышается поверхностное натяжение на границе раздела битум — вода и уменьшается вязкость битума. Оба эти обстоятельства облегчают эмульгирование. При опытных варках эмульсии, так же как и на производстве, температура водного раствора была не выше 75—85° С. чтобы не происходило сильного испарения воды и связанного с этим изменением концентрации раствора.

Температура битума была 170—180° С. Выше поднимать температуру нерационально, так как при длительном нагреве битума (а это легко может быть в условиях производства) могут измениться его свойства, а при нагреве до температуры 220—230° С возможно даже его воспламенение.

В табл. 3, 4, 5 и 6 приведены рецепты эмульсий, выработанные рядом лабораторий.

Таблица 3

1. Рецепты Центральной лаборатории бывш. Мособлдортранса

Наименование эмульсии	Содержание битума в %	Содержание воды в %	Содержание и наименование эмульгатора	Содержание щелочи в %	Нормальность раствора эмульгатора и щелочи	Примечание
«ОДИС-1»	50 битума № 1	48,6	1,4% эмуль- сита	0,032	$N=0,025$	Выработано около 1000 т
«ОДИС-2»	50 битума № 1	47,96	2,0% жидкого мыла	0,04	$N=0,040$	Выработано Моск. эмуль- сионной базой около 410 т
«Э № 3»	50 битума № 1	45,88	3,0% сульфит- ного щелока	1,12	$N=0,060$	

2. Рецепты ДОРНИИ¹

Наименование эмульсии	Содержание битума в %	Содержание воды в %	Содержание и наименование эмульгатора	Содержание щелочи NaOH
Рецепт «А»	50 (10 - 20) глубина проципания	49,18 - 49,58	0,2 - 0,3% «контакта Петрова» + 0,07% растворимого стекла с модулем 0,5 - 0,6	0,15%
Рецепт «В»	50 - 60	49,28 - 49,28	0,5% «контакта Петрова» + 0,07% растворимого стекла с модулем 0,5 - 0,6	0,15%
Рецепт «С»	50 - 60	49,12 - 49,12	0,65% сульфитного щелоча	0,23%
Рецепт «Х»	50	48,89	0,97% олеиновой кислоты	0,11%

Таблица 5

3. Рецепты ДОРНИИ

Наименование эмульсии	Содержание битума в %	Содержание воды в %	Содержание и наименование эмульгатора	Содержание щелочи NaOH	Примечание
Рецепт «5 в 4» (1-й вариант)	50	49,63	0,25% «контакта Петрова»	0,12%	
Рецепт «5 в 4» (2-й вариант)	50	48,24	1,6% «контакта Петрова»	0,16%	На Моск. эмульз. б-зе выработано около 400 т с которыми изменены рец. «контакта Петрова» ... 1,25% щелочи — 0,12%
Рецепт эмульсии с применением оксикислот	50	48,31	1,5% об. оксикислот	1,19%	

¹ Мезерина, Буслевич, Коковин, Технология дорожностроительных материалов, часть II, 1935.

4. Рецепты Аэрофлота и ГИИИ

Наименование эмульсии	Содержа- ние битума в %	Содержа- ние воды в %	Содержание и наименование эмульгатора	Содержа- ние щелочи	Примечание
Рецепт Аэрофлота	50	46,45 42,30	3,0 - 7,5% Кислоты Толанна	0,25- 0,40 NaOH + + 0,3 Na ₂ CO ₃	Рецепт Аэрофлота уточненный ГОИИИ

При описании рецепта, помимо обозначения процентного содержания эмульгатора и щелочи, необходимо указать нормальность (щелочность) раствора. Едкая щелочь бывает различной крепости (чистая или техническая, с различным содержанием NaOH и Na₂CO₃), поэтому ссылка на процентное содержание примененной щелочи в растворе недостаточна и не может быть руководящим указанием.

В отношении количества эмульгатора следует сказать то же самое: одного указания на процентное содержание недостаточно. Если в качестве эмульгатора применить химически чистый продукт, как например, чистую олеиновую кислоту, то процентное содержание будет точной величиной; при употреблении же технической олеиновой кислоты нужно указывать уже кислотность продукта и давать проценты в пересчете на чистый продукт.

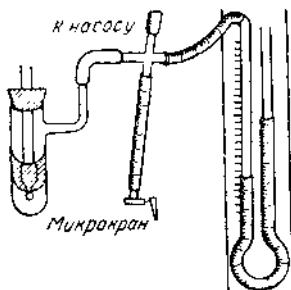
То же самое, но еще в большей степени, относится к применяемым мылам нефтяного происхождения, в которых чрезвычайно сильно колеблется содержание активной, эмульгирующей части за счет количества нефтяных масел. Но, к сожалению, быстрых и точных методов анализа нефтяных мыл еще нет, и разработка этих методов является насущной задачей.

Недостатки методики выработки рецептуры и пути ее улучшения. Чтобы исследователь имел возможность вырабатывать эмульсию того или иного состава с вполне определенными заранее известными свойствами, нужно: 1) изучить вещество, которое предполагают применить как эмульгатор, со стороны его физико-химических особенностей: химического состава, растворимости и т. д. и 2) изучить эмульгирующую способность вещества. Эмульгирующая способность зависит от способности вещества понижать поверхностное натя-

жащие на границе битум — вода и от способности создавать механически прочную защитную пленку.

В последнее время в битумной лаборатории ГДОРНИИ произведены работы над определением поверхностной активности веществ на приборе проф. П. Ребиндера (фиг. 13) методом измерения максимального давления, необходимого для образования капли или пузырька.

Метод основан на том, что максимальное давление, при котором происходит отрыв пузырька или капли, пропорционально поверхностному натяжению данной жидкости на границе с воздухом или другой жидкостью.¹



Фиг. 13. Схема прибора для измерения максимального давления проф. П. Ребиндера.

Работы по этому методу должны быть продолжены с целью накопления фактического материала и проверки лабораторных опытов с данными производства эмульсии и поведения эмульсии в условиях дорожного строительства.

Другим прибором для определения поверхностного натяжения на границе двух фаз является тензиометр Дю Нуи. Действие прибора основано на продавливании или отрыве платинового кольца, находящегося на границе раздела жидкостей — жидкость, через границу раздела на одной жидкости в другую. Продвижение кольца вниз и вверх достигается движением пипетуса по циферблату. Показания циферблата в момент отрыва или продавливания кольца и дают величину поверхностного натяжения, выражаемую в динах на 1 см^2 . Более подробное описание этого и некоторых других приборов для определения поверхностного натяжения можно найти в работе Клейтона.² Хорошо изучивши природу предполагаемого эмульгатора и имея данные о его поверхностной активности, можно легко дать рекомендацию эмульсии с заранее заданными свойствами.

¹ Подробное описание см. в книгах: Таубман, Руководство к лабораторным занятиям по физико-химии коллоидов. Вознесенский и Ребиндер, Руководство к лабораторным работам по физич. химии, ГИЗ, 1928.

Данные, полученные в лаборатории ГДОРНИИ, относительно поверхностной активности, частью опубликованы в «Трудах ГДОРНИИ», выпуск IV за 1933 г.

² Клейтон, Теория эмульсии. Перевод с английского. Снабтехиздат, 1933.

В зависимости от типа эмульгатора эмульсии подразделяются на:

- | | |
|--|---|
| 1) Быстро распадающиеся эмульсии | } С применением растворимых в воде эмульгаторов |
| 2) Медленно " | |
| 3) Стабильные эмульсии, распадающиеся только при испарении воды с нерастворимыми в воде органическим и неорганическим эмульгаторами. | |

Растворимость эмульгатора в воде сильно влияет на способность эмульсии реэмульгировать. Реэмульгирование заключается в том, что выделившийся в результате распада эмульсии битум, содержащий в себе часть эмульгатора, при воздействии на него воды (например дождевой) будет переходить обратно в состояние эмульсии. Внешне это выразится в том, что черный цвет битума перейдет в коричневый цвет эмульсии, плотная корочка битума станет рыхлой и не будет удерживать щебенки.

Реэмульгирование в большей или меньшей степени проявляется у эмульсий с растворимым в воде эмульгатором. В литературе есть указания, что существуют такие способы, с помощью которых нерастворимая в воде защитная пленка посредством вторичной реакции ¹ получается в эмульсиях, содержащих мыло.

Найти эти способы и применить их к нашим дорожным эмульсиям — это одна задача, стоящая перед химиком-дорожником. Вторая задача — это выработать рецептуру эмульсии типа «Дисперсия У», часто описываемой в иностранной литературе и отличающейся высокими строительными качествами. В качестве эмульгатора применяются органические вещества типа гуминовой кислоты, дающие нерастворимые в воде защитные пленки.

Методика выработки рецептуры паст по существу ничем не отличается от методики выработки рецептуры эмульсии.

Пасту получают на машинах медленного вращения, применяя в качестве эмульгатора вещества, подобные глине.

Полученную густую пасту для удобства применения разводят водой.

Методика получения рецептуры дегтевых эмульсий слабо освещена в иностранной литературе.

¹ Карл Пейбонер. Классификация битумных эмульсий, «Teer und Bitumen», 1934.

Интересной работой, описывающей совершенно новый вопрос о получении эмульсии из пека, является работа д-ра Жоржа Бом.

Д-р Бом считает, что поскольку в конечном результате после обработки дороги дегтем на ней остается лишь пек с небольшим количеством тяжелого антраценового масла, а все прочие масла, представляющие ценность для других видов промышленности, испаряются в воздух, то рационально для обработки дорожного полотна применять один пек, переводя его водной эмульсией в жидкое состояние.

Для понижения температуры затвердевания пека, при которой он делается очень хрупким, в него предварительно добавляют так называемый «пластификатор».

Пек + пластификатор при температуре плавления с помощью удачно выбранного эмульгатора, при легком перемешивании с водой, переводится в эмульсию.

Переход в эмульсию совершается настолько легко, что д-р Бом предлагает смесь пластифицированного пека с эмульгатором переводить в эмульсию непосредственно на месте работ.

Как видно, эмульгирование дегтей или пеков происходит с помощью «удачно» выбранных эмульгаторов, т. е. точно так же, как и получение битумных эмульсий, почти без теоретического обоснования. Поэтому все, что было сказано относительно недостатков имеющейся методики получения битумных эмульсий и путей дальнейшего ее развития, относится и к дегтевым эмульсиям.

В СССР, как указывалось, дегтевые эмульсии развития не получили.

Глава V

ПРОИЗВОДСТВО ДОРОЖНОЙ ЭМУЛЬСИИ ПО ПРАКТИКЕ ЭМУЛЬСИОННОЙ БАЗЫ БЫВШ. МОСОВДОРТРАНСА

На эмульсионной базе бывш. Мосовдортранса эмульсию приготавливали с помощью гомогенизатора Гурреля: гомогенизатор этот за 4 года работы зарекомендовал себя машиной, несложной в обращении и вырабатывающей эмульсию высокого качества.

Полное отсутствие механизации на базе заставляло держать излишне большой штат неквалифицированной рабочей силы,

так как все подготовительные и подсобные работы выполнялись вручную.

Хранение сырьевых материалов. Битум прибывал на базу в железных и деревянных бочках или в цистернах. Бочки складывали в штабеля, откуда по мере надобности их переносили к битумным котлам.

Битум, прибывающий в цистернах, имел обычно температуру около 60°C . После разогрева его в цистернах острым паром до $100\text{--}120^{\circ}\text{C}$ битум спускался на площадку, огороженную невысоким валиком из песка. При таком способе слива цистерны битум засорялся большим количеством песка. Так как цистерны сливались на общую неразгороженную площадку, то битумы различных марок перемешивались. Высота битумного слоя доходила до 40 см. Остывший битум ночью рубили на куски и на носилках подносили к котлам.

Эмульгаторы хранились в бочках («контакт Петрова») или сливались в железные баки емкостью 3—5 м (эмульсент и жидкое мыло), где содержимое различных бочек смешивалось. Этим достигалась большая однородность материала и происходила отстой воды, которая скоплялась внизу и через край спускалась на землю.

Едкую техническую щелочь хранили в металлических бочках.

Технологический процесс изготовления эмульсии.

Битум старе деревянный или железной со вскрытыми днищами или парубленный кусками загружали вручную в котлы для нагрева. Таких котлов было три, емкостью 5000 л каждый; из них два подготовительных, в которых битум освобождался от воды, а песок и всякого рода мусор оседали на дно.

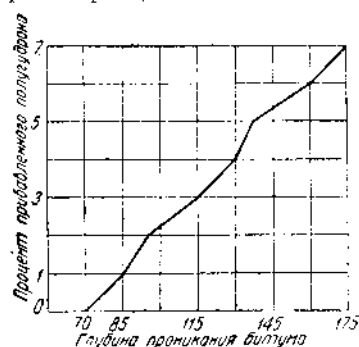
Чистый, обезвоженный битум с температурой около 140°C переливали ковшиками по ложобу в третий, так называемый рабочий котел, где температура битума доводилась до $170\text{--}180^{\circ}\text{C}$.

Глубина проникания битума, применявшегося для изготовления эмульсии, должна была быть не ниже 160—180. В случае необходимости применения битума с меньшей глубиной проникания в битум добавляли полугудрон — продукт нефтяного происхождения, получающийся после отгонки из нефти осветительных и масляных фракций.

Проведенными испытаниями было определено, что прибавление 1% полугудрона увеличивает глубину проникания битума на 15 единиц. На этого расчета в битум и добавляли полугудрон (фиг. 14).

Полугудрон добавляли непосредственно в третий рабочий котел и обычно не более 2—3%.

Отмеренное по рецепту определенное количество эмульгатора и щелочи растворяют в теплой воде в лопастной мешалке, емкостью 500 л, при скорости вращения лопастей 12 об/мин. Размешивание производят в течение 5—7 мин. Из мешалки раствор подают насосом в запасный бак емкостью 6000 л, откуда



Фиг. 14. Зависимость глубины проникания от приоблеженного полугудрона.

жидкость самотеком направлялась в водный нагревательный котел.

Температурный режим. Битум нагревают до 170—180°С. При этой температуре он не изменяет своих свойств и в то же время имеет наименьшую вязкость. Водный раствор нагревают до 70—80°С.

Подготовка гомогенизатора. Воронка гомогенизатора должна быть защищена сеткой от попадания внутрь машины всякого рода загрязнений. Перед началом работы машина должна быть прогрета. Это достигается циркуляцией через паровую рубашку, окружающую кожух

машины, пара или, как это практиковалось на базе, горячего раствора эмульгатора.

Дозировка материала. По достижении надлежащих температур битум и водный раствор по трубопроводам направляют в воронку гомогенизатора Гурелля, где они, соединяясь, сильно вспениваются.

Приспособлений для автоматической дозировки количества поступающих битума и водного раствора у гомогенизатора нет, поэтому регулировку производили на-глаз, нону в воронке держали на уровне ее краев.

Практически из опыта известно, что при таком положении нены соотношение битума и воды равно 1 : 1.

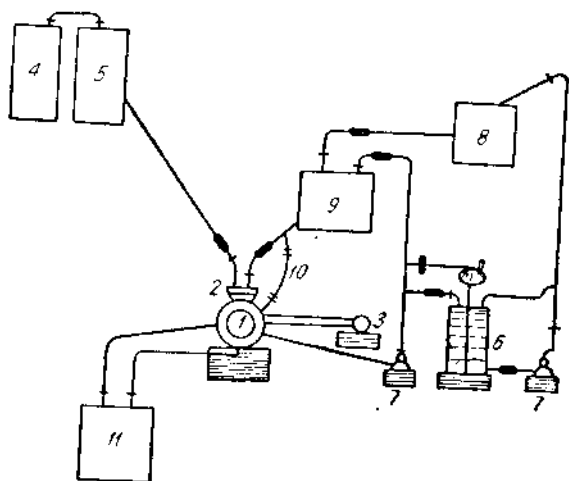
При изменении высоты стояния нены прибавляют битума в случае, если нена скрывается в глубине воронки, или уменьшают количество битума, если нена выходит за пределы воронки.

Регулировать степень дисперсности можно, вдвигая или выдвигая диск к основанию воображаемого конуса. Этим достигается увеличение или уменьшение щели между дисками и кожухом машины.

Полученную эмульсию с температурой 95—98°С через выводные трубы сливали в приемный бак, откуда насосом-лягушкой перекачивали в запасные баки для хранения эмульсии (фиг. 15).

Хранение эмульсии. Эмульсия хранилась в железных баках, накрытых для защиты от дождя щитами. Время от времени содержимое баков перемешивалось ведром.

Из запасных баков эмульсию наливали в бочки или с помощью насоса набирали в автогудронаторы.



Фиг. 15. Схема эмульсионной битумной установки.

1 — гомогенизатор Гурреми, 2 — воронка гомогенизатора, 3 — электромотор, 4 — подготовительный котел для битума, 5 — рабочий котел для битума, 6 — дощатые мешалки, 7 — центробежные насосы, 8 — запасный бак, 9 — котел для нагрева раствора, 10 — трубопровод для обогрева, 11 — приемный бак для эмульсии.

Одним из важнейших условий для получения хорошей сменяющимися качествами дорожной эмульсии являются доброкачественность и стандартность применяемых битума, эмульгатора и щелочи.

Задачи лаборатории на базе. В задачи лаборатории входило: 1) контролировать технологический процесс изготовления эмульсии — следить за температурой, правильностью дозировки и отщепиванием щелочи и эмульгатора; 2) анализ битума, поступающего на производство; 3) анализ раствора эмульгатора и анализ готовой продукции.

Каждая новая партия битума, поступающего на базу, подвергалась испытанию на глубину проникания, титруемость и температуру размягчения согласно стандартным нормам.

Ежедневно определяли глубину проникания битума, переливаемого из подготовительных котлов в рабочий. Если анализ показывал излишнюю твердость битума, то по заданию лаборатории к битуму добавляли определенный процент подогретого. Кроме того производили испытания пробы битума при начале и через каждые три часа в течение варки.

Анализ раствора эмульгатора. Пробы раствора эмульгатора брали ежедневно из водного котла, а также при изготовлении эмульсии в начале и через каждые три часа варки, совместно с пробами битума.

В растворе эмульгатора определяли нормальность, т. е. содержание грамм-молекул NaOH в одном литре раствора. Нормальность определяли титрованием HCl в присутствии фенолфталеина.

Анализ готовой эмульсии. Пробы эмульсии из запасных баков брали на испытание по наполнении баков, а в дальнейшем каждый день, если за предыдущий день в баки доливали новую порцию эмульсии.

Пробы брали после перемешивания содержимого бака веслом и хранили в лаборатории 14 дней.

В эмульсии определяли: точность дисперсии, содержание битума, глубину проникания битума, выделившегося из эмульсии, и скорость распада.

Непосредственно у гомогенизатора лаборант в дежурном листке отмечал время начала и конца варки, температуру водного раствора и битума. Время от времени лаборант проверял качество эмульсии пробой на точность дисперсии (на стеклянной палочке не должно было быть крупинок битума). Как правило, лаборатория на базе должна работать в течение всего времени работы гомогенизатора.

Отпуск эмульсии. Эмульсию отправляли с базы в бочках или автогидропаторах. Необходимым условием для тары является ее чистота: бочки не должны содержать остатков дегтя, каменистого масла, бензина, керосина, кислот, щелочи и тому подобных продуктов, реагирующих с составными частями эмульсии. Остатки ранее бывшей эмульсии, распадавшейся или перекисавшейся, перед употреблением не могут.

К каждой отправляемой с эмульсионной базы партии эмульсии прилагался паспорт с указанием свойств.

Ниже приводится образец паспорта в таком виде, как он существовал до настоящего времени; в дальнейшем в паспорт будет внесена графа — показатель вязкости по Эпплеру.

№ образца № акцизная

Купон направляется эмульсии

Характеристика эмульсии

Наименование эмульсии	Воды в эмульсии	Главная про- выскавка для выделенного из эмульсии битума	Скорость рас- пада	Однородность эмульсии	Заблочивание лаборатории

Подпись лаборанта

Г л а в а VI

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ДОРОЖНЫХ ЭМУЛЬСИИ

До сих пор не существует единой методики испытаний дорожных эмульсий не только в СССР, где первое появление эмульсий и знакомство с ними относятся к 1928 г., но и за границей. Это объясняется большим разнообразием свойств и характерных особенностей дорожных эмульсий.

Страны, применяющие эмульсии, имеют ряд методов испытаний, выработанных в отдельных лабораториях, заводах и дорожных.

Ниже приводятся методы испытаний, описанные в иностранной литературе, и для сравнения с ними — испытания, применяемые или разработанные в СССР в дорожных институтах (ДОРНИИ, ГДОРНИИ и в центральной лаборатории Управления Моск. обл.).

Все испытания можно разбить примерно на следующие три группы.

1. Характеристика внешних свойств и составных частей эмульсий:

- 1) определение внешних свойств (цвет, запах, клейкость);
- 2) определение состава эмульсии (воды, битума и эмульгатора);
- 3) определение свойств выделенного из эмульсии битума и его качества;

4) определение степени дисперсности и однородности эмульсии.

II. Характеристика свойств эмульсии, проявляющихся при хранении в больших массах:

1) определение однородности и устойчивости во времени (при хранении);

2) определение устойчивости при перевозке;

3) определение устойчивости при высоких и низких температурах.

III. Характеристика свойств эмульсии для определения способов применения ее в дорожном строительстве:

1) скорость распада эмульсии и обволакивание щебня;

2) вязкость эмульсии;

3) отношение эмульсии к разбавлению водой;

4) скорость отдачи воды и образования плотной битумной пленки.¹

Прежде чем испытывать какую-либо эмульсию, нужно правильно взять пробу. Все авторы, без исключения, указывают на важность умелого взятия проб, так как от этого зависит вся ценность испытания.

Испытания битумных эмульсий, описанные в иностранной литературе

Для испытания берут пробы немедленно после доставки материала. Обязательным является тщательное перемешивание эмульсии в хранилищах. Из хранилищ в 15 м берутся 5 проб (в начале, в конце и в промежутках).

Если партия в 15 м эмульсии находится в бочках, то берут одну пробу из трех бочек и оставляют один средний образец.

Группа первая

Определение внешних свойств (цвет, запах, клейкость и т. д.). В иностранной литературе, в частности в германских условиях, есть указания об определении внешних свойств — установлении цвета и запаха.

Испытания на клейкость встречаются в журнале «Revue Générale des Routes», где испытание на клейкость соединено с испытанием на скорость распада по методу химика Матье (см. 3-ю группу испытаний).

¹ Различные испытания описаны не одинаково подробно и обстоятельно, так как автор с возможно большей точностью придерживался способа наложения переместочника.

Определение состава эмульсии. Определение содержания воды в эмульсии производится по кензольному методу посредством перегонки 30—40 г эмульсии с 150 г ксилола в железном сосуде, высотой 6" (ок. 150 мм) и внутренним диаметром 6,5" (ок. 165 мм). При перегонке добавляют 0,5 г NaHSO_4 .

Содержание битума косвенно получается из содержания воды в эмульсии.

Требуется, чтобы содержание воды не превышало 50%; содержание эмульгатора — не выше 2%.

Определение количества битума можно производить в открытом тигле.

Навески эмульсии по 50—200 г выпаривают в открытом тигле сначала при низкой температуре, затем при 165° С.

При пользовании способом Мак-Кессона 25—30 г эмульсии наливают на тонкую жестяную крышку и выпаривают при температуре 165° С до появления масляных паров. Продолжительность испытания 8 мин.

По данным Мак-Кессона эти испытания указывают количество битума в эмульсии с такой же точностью, как и при методе перегонки с ксилолом, но занимают значительно меньше времени.

Определение количества битума, находящегося в эмульсии, можно производить на фарфоровой пористой тарелке. Навеску эмульсии наливают на фарфоровую тарелку; при этом из эмульсии выделяется битум.

Метод д-ра Маркусона заключается в следующем: 10 г эмульсии обрабатывают при легком помешивании 25 см³ 96°-ного алкоголя. Битум выпадает, спиртовой раствор, содержащий мыла и небольшое количество смолистых веществ битума, фильтруется на тигле Гуча, снабженном асбестовым фильтром, и смывается 4 раза 10 см³ 96°-ного спирта. Спиртовой раствор собирается и помещается в воронку для декаантиции. Затем прибавляют 40 см³ воды и 50 см³ бензола.

Бензол растворяет в себе смолистые части из спиртового раствора, и полученный бензольный раствор сливают вместе с коагулированным битумом, нагревают до полного растворения битума, фильтруют на тигле Гуча, промывают бензолом до тех пор, пока фильтрат не перестанет окрашиваться. Полученный бензольный раствор доводят до объема 200 см³, из которых берут пипеткой 20 см³ и выпаривают при температуре 110—105° С.

Полученный вес дает количество битума в 0,1 взятого объема пробы.

Количество эмульгатора определяют следующим образом. Спиртовой раствор, содержащий в себе мыла, выпаривается; сухой остаток определяет мыла, содержащиеся во взятой пробе.

Взвешенный тигель Гуча высушивают при 110°C . Увеличение веса даст количество эмульгатора, нерастворимого в этаноле и бензоле, содержащиеся во взятой пробе.

Определение свойств выделенного из эмульсии битума и его качества. После определения воды по методу выпаривания берут 50 г остатка, нагревают в течение 5 час. до 165°C для удаления летучих масел. Остаток растворяют в бензоле и фильтруют. Бензол выпаривают при постоянном перемешивании. Остаток испытывают на глубину проникания, дуктильность и т. д.

Выделенный таким образом битум имеет измененные свойства по сравнению с исходным битумом.

Битум можно выделить из эмульсии следующим образом. 200 см³ эмульсии смешивают с 100 см³ ацетона; распад ускоряют легким нагреванием или добавлением 2 см³ концентрированного раствора NH_3 .

Выделившийся битум промывают водой; воду из битума выжимают и остаток нагревают до 130°C .

Битум испытывают на глубину проникания, дуктильность и точку плавления по методу кольца и шара.

Битум можно выделить также по методу Маркусона. У выделенного битума определяют точку размягчения, дуктильность и глубину проникания.

Определение степени дисперсности и однородности эмульсии.

При ситовом анализе 1000 г эмульсии пропускают через сито с 394 отверстиями в 1", предварительно взвешенное и увлажненное oleиновым натром 2%-ной концентрации.

Эмульсию быстро льют через сито, легко помешивая палочкой. Когда эмульсия пройдет сквозь сито, его быстро промывают 2%-ным мыльным раствором, а затем дистиллированной водой. Количество отложившегося битума определяют после просушки сита и содержимого при нагревании не выше 121°C .

Для удовлетворительного материала процент отложившегося битума должен быть не выше 15.

Эмульсию можно также исследовать под микроскопом при 500-кратном увеличении.

Часто пользуются следующим способом. Стеклянную палочку погружают в хорошо размешанную эмульсию. После извлечения палочки эмульсия должна совершенно равномерно с нее стекать.

Комочки или крупины, наблюдаемые на палочке, указывают на распад эмульсии.

При изучении микрофотографии эмульсии препарат ее под микроскопом снимается вместе с градуированной шкалой. На микрофотографии подсчитывают число частиц разного размера, и на основе подсчетов вычерчивается график. На оси абсцисс откладываются диаметры частиц в μ , а на оси ординат — их число. Изучая такие графики, сделанные в разное время, можно установить характер изменений, совершающихся в эмульсии во времени.

Г р у п п а в т о р а я

Определение однородности и устойчивости во времени. Для этой цели пользуются испытанием методом седиментации. В цилиндрический сосуд с внутренним диаметром от 4 до 5 см наливают 500 см³ битумной эмульсии. Цилиндр закрывают пробкой и оставляют в покое на 5 дней при комнатной температуре. После 5 дней 450 см³ (верхнюю часть) сливают, а остаток в 50 см³ выпаривают в фарфоровой чашке до полного удаления воды. Если битум отстает наверху цилиндра, то отбирают сверху пробу в 50 см³ и выпаривают.

Затем определяют разницу между содержанием битума в исходной эмульсии и в отстоявшемся 50 см³ эмульсии. В удовлетворительной эмульсии разница не должна превышать 3%.

Испытание можно производить сытовым методом.

Эмульсию пропускают при этом через сито с отверстием 0,152 см; на сите должно остаться не больше 0,25%. Через 8 дней испытание повторяют. После второго испытания остаток не должен превышать 1%.

Два средних образца эмульсии по 500 см³ каждый наливают в герметически закрытые цилиндры с внутренним диаметром 4—5 см и оставляют в покое на 10 дней. С поверхности берут 50 см³ эмульсии пипеткой, сливают 400 см³ сифоном, затем со дна берут 50 см³. Верхний и нижний образцы выпаривают при нагревании до 165° в течение 3 час. и определяют количество осадка. Разность между средним содержанием битума в обоих образцах не должна превышать 8%.

Эмульсию наливают в мерный цилиндр и отстаивают в течение трех дней. После трех дней определяют высоту отстоявшегося светлого водного слоя. Затем эмульсию процеживают через сито с диаметром отверстий 0,2 см. На сите не должно остаться больше 0,5%. Испытание повторяют через 8 недель.

Требуется, чтобы эмульсия не изменилась при хранении в течение 8 недель.

250 см³ эмульсии наливают в закрывающийся медный цилиндр высотой около 30 см и диаметром около 3,5 см и оставляют спокойно стоять в течение 6 недель.

После этого, в случае образования осадка, эмульсию хорошо взбалтывают и наблюдают, восстановится ли таким способом первоначальная однородность эмульсии.

Для предварительного выяснения постоянства при хранении для испытания в лаборатории достаточно 8 дней.

Испытание однородности и устойчивости можно производить центрифугированием. В пробирки центрифуги наливают эмульсию и центрифугу включают на 15 мин. По окончании центрифугирования рассматривают величину слоев, на которые разделилась эмульсия. В случае устойчивости эмульсии не должно быть ясного разделения слоев.

Определение устойчивости при низких температурах. Эмульсию промораживают пять раз до $-7,5^{\circ}\text{C}$. После оттаивания исследуют способность эмульсии к перемешиванию и отмечают, не выделяется ли битум.

а. Эмульсию охлаждают в течение 30 мин. до $-3,4^{\circ}\text{C}$.

б. Эмульсию охлаждают до -8°C в течение 3 час.

в. Промораживание и оттаивание повторяют пять раз. После каждого оттаивания определяют возможность восстановления однородности перемешиванием и определяют, не выделяется ли битум.

г. Эмульсию охлаждают в течение 1 часа до -8°C .

После оттаивания эмульсия пропускается через сито с ячейками 0,2 мм. Остаток на сите не должен быть выше 0,5%.

д. 50 см³ эмульсии в закрытом реактивном стакане диаметром около 2,5 см замораживают при постепенном охлаждении на -5°C в час. Эмульсия не должна изменяться при оттаивании.

Группа третья

Скорость распада эмульсии и обволакивание щебня. Метод Мак-Кессона. Две навески чистого, промытого гравия, размерами 6—12 мм, помещают в проволочные корзинки и высушивают до постоянного веса при $51,5^{\circ}\text{C}$. Корзинки на 2 мин. погружают в эмульсию. Затем их подвешивают на 15 мин., чтобы стек избыток эмульсии. После этого одну из корзинок промывают

струей воды до тех пор, пока не будут идти чистые промывные воды.

Затем обе корзины высушивают в сушильном шкафу при 50°C до постоянного веса. Отношение веса битума, задержавшегося на щепе в непромытой корзине, к весу битума в промытой корзине принимается за показатель степени распадаемости эмульсии.

Температура должна быть во время опыта точно 25°C .

Влажность в помещении должна быть около 50.

Промывку производят струей воды из трубки в 6 мм с расходом воды 3,7 л в 1 мин.

У эмульсий, пригодных для поверхностной обработки, показатель распадаемости должен быть 80—100%.

Показатель распадаемости эмульсий для метода смешения — 2—40%.

Метод Майерса. 100 г эмульсии помещают в тарированный стакан емкостью 600 см³. В продолжение 2 мин. вливают 35 см³ 0,02 N раствора CaCl_2 при непрерывном помешивании стеклянной палочкой. После этого содержимое стакана выливают на сито № 14 (диаметр отверстий 1,9 мм). Стакан и палочку смывают дистиллированной водой до тех пор, пока стекающая вода не станет чистой. Затем стакан, палочку и сито высушивают при 160°C в течение 2 час. Увеличение веса соответствует весу битума, коагулированного раствором CaCl_2 . Отношение этого веса к весу битума эмульсии даст показатель распада.

Эмульсии, содержащие более 0,75% мыла, не дают чувствительно отличающихся результатов. В этом случае крепость раствора увеличивается до 0,1 N CaCl_2 и количество его до 50 см³. Присутствие некоторых эмульгаторов затрудняет или делает невозможным опыт с CaCl_2 .¹

Скорость распада через фильтровальную бумагу. На куске ватманской бумаги № 4 отпечатывают два концентрических круга диаметром 4,0 и 2,8 см. Бумагу помещают на кольцевую подставку таким образом, чтобы концентрические круги не соприкасались с какой-нибудь поверхностью. Внутренний круг заполняют возможно быстрее 2 см³ эмульсии при помощи стеклянной воронки. Вода адсорбируется бумагой, и время, которое нужно для распространения воды из внутреннего круга во внешний, является показателем скорости распада.

¹ Какие именно эмульгаторы — не указано.

Значение 40—100 сек. характерны для быстро распадающихся эмульсий. Для медленно распадающихся эмульсий этот метод неприменим.

Метод Матве на скорость распада и липкость эмульсии. На стеклянную или иную лдифованную поверхность из стандартной капельницы наносится 3 капли эмульсии. Сверху на нее накладывают стеклянную пластинку, прикрепленную к коромыслу весов. По прошествии 1, 2, 3... 10 и т. д. мин. верхнюю пластинку отрывают, помещая на чашку песов груз. В момент полного распада величина груза получает наибольшее значение. Время, в течение которого будет достигнут этот максимум, характеризует скорость распада эмульсии.

На основании данных времени и груза составляют график, откладывая на оси абсцисс время, на оси ординат — величину груза в граммах.

Время характеризует скорость распада, а величина груза — липкость битума, выделившегося при распаде.

25 см³ эмульсии смешивают с 30 см³ песка, обработанного HCl, промытого и прокаленного, содержащего 20% фракции, пропущенной через сито № 10—40; 45% фракции — 70—80 и 38% фракции — 80—200. Распад не должен наступать в течение первых 5 мин. для быстро распадающихся эмульсий.

10 см³ эмульсии смешивают в густую пасту с 10 см³ воды и 30 см³ цемента. Распад эмульсии должен наступить в первые 5 мин. для эмульсий, быстро распадающихся.

10 см³ эмульсии, содержащей 50% битума, смешивают с 50 см³ песка и массу спрессовывают в цилиндре с внутренним диаметром в 6 см и высотой 2 см. Через 24 часа цилиндрический образец помещают в воду, которая при этом не должна мутнеть.

Метод д-ра Маллисона. На чистой стеклянной пластинке черточками битума ограничивают площадь 10 × 10 см². На эту площадку наливают 10 г эмульсии, и на слой эмульсии равномерно насыпают песок определенного гранулометрического состава в такой пропорции, чтобы на каждый грамм битума в эмульсии приходилось 5 г песка. Затем пластинку взвешивают. Испарение воды контролируют периодическим взвешиванием. Когда испарение дойдет до 80%, пластинку под углом 45° погружают в воду на 24 часа. По прошествии этого времени вынимают, плотно ли слой битума прилегает к пластинке. Затем на 20 мин. подвергают действию струи воды и проверяют снова, есть ли сцепление битума с пластинкой.

Метод с базальтовым кубом. Базальтовый куб подвешивают за одну из вершин и опускают в эмульсию. Эмульсии дают стечь, после чего куб сохнут. По прошествии часа куб поливают водой; стекающая вода должна быть лишь слегка мутной.

Через 24 часа пленка битума или дегтя должна крепко пристать к поверхности камня и не окрешивать воды.

Метод аглютинации. 100 г базальтового щебня, сухого и беспыльного, фракции 3—6 мм перемешивают с 20 см³ эмульсии до получения равномерного обволакивания щебня. Смесь помещают на пористую поверхность. Через 5—6 час. обработанный щебень должен представлять собой связную массу, которая не должна распадаться при сильном наклоне.

Слишком быстро распадающиеся эмульсии должны размениваться с предварительно увлажненным пилитом.

450 г мягкого пилита, базальтового или известнякового, фракции 6—18 мм смешивают с 45 см³ эмульсии. Требуется, чтобы в течение 3 мин. при перемешивании не происходило значительного выделения битума.

Эти испытания устойчивости эмульсии не дают указаний относительно различного поведения быстро и медленно распадающихся эмульсий.

Определение показателя распада в контакте с камнем (метод Вебера и Блехера). 10 г камня размерами 0,6—2 мм, чистого, сухого помещают в фарфоровую чашку и обрабатывают 50 см³ эмульсии. Смесь перемешивают в течение 5 сек. короткими встряхиваниями и на час оставляют в насыщенном водой пространстве. Через 1 час избыток эмульсии сливают и щебень осторожно промывают деаэрированной водой до появления чистых промывных вод. Щебень в фарфоровой чашке высушивают в термостате; приращение веса дает количество выделившегося битума. Привес битума, отнесенный к 100%, дает показатель распада эмульсии на данном каменном материале.

Вязкость эмульсии. Определение вязкости эмульсии производится в вискозиметре Зейбольд-Фуrolя.

Для быстро распадающихся эмульсий, употребляемых при пропитке и поверхностной обработке, вязкость должна быть в пределах 20—50 сек. Для медленно распадающихся эмульсий при работах по типу смещения вязкость должна быть в пределах 28—70 сек.

Определение вязкости в вискозиметре Энглера. При 20° С вязкость должна быть между 2—8°.). Для эмульсий с содер-

жанием битума свыше 60% нет установленных пределов вязкости.

Отношение эмульсии к разбавлению водой. К 50 см³ эмульсии прибавляют 150 см³ дистиллированной воды при постоянном помешивании стеклянной палочкой. После отстаивания смеси в течение 2 час. отмечают появление заметного слоя выделившегося битума.

Скорость отдачи воды и образования плотной битумной пленки. 1 г эмульсии помещают в фарфоровый тигель диаметром 25—30 мм и концентрируют перемешиванием под воздушной струей такой скорости при 18—20° С, что первоначальная точка коагуляции достигается после $\frac{1}{3}$ — $\frac{3}{4}$ часа.

Воздушную струю, которую вводит в тигель через трубку 4—5 мм, можно произвести при помощи медленно вращающегося вентилятора.

Эмульсию следует перемешивать слабо, чтобы не разбрызгивать ее по стенкам. Концентрирование производят до тех пор, пока не начнется коагуляция эмульсии. После этого в эмульсии определяют выпариванием процент оставшейся воды.

Оставшееся количество воды:

У неустойчивых эмульсий (быстро распадающихся)	— 15—25%
» полустойчивых » (средне распадающихся)	— 8—10%
» устойчивых » (медленно распадающихся)	— 5—8%

Погруженный в эмульсию базальтовый кубик высушивают на воздухе в течение 24 час. и помещают затем на 24 часа в дистиллированную воду. Выделившаяся битумная пленка должна крепко держаться на камне и вода не должна мутнеть.

Известняковую плиту обрабатывают эмульсией.

Покрытую пленкой поверхность погружают в HCl. Если пленка не дала равномерного покрытия, то происходит выделение пузырьков газа.

Испытания битумных эмульсий, предложенных ДОРНИИ

Г р у п п а п е р в а я

Если пробы берут из бочек, то последние нужно прокатать несколько раз по земле, чтобы перемешать содержимое.

Из цистерны пробы берут в количестве 1—1 $\frac{1}{2}$ кг с различной высоты: с $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ и со дна цистерны.

Определение смесительных свойств. При испытании эмульсии необходимо указать цвет и запах. Клейкость эмульсии испытывают следующим образом: эмульсию берут на пальцы и ее клейкость определяют на ощупь при растирании между пальцами.

Определение состава эмульсии. При толудольном или кензольном методе смешивают 10 г эмульсии с 50 см³ кензола и наливают в колбу Эрленмейера емкостью на 500 см³; в колбу кладут несколько кусочков немзы и на пробке присоединяют холодильник Либиха. Колбу нагревают на масляной бане или электрической плитке, и дистиллат собирают в мерный цилиндр емкостью в 100 см³.

Кензол отгоняется почти нацело; остающиеся в холодильнике: капли воды споласкивают кензолом.

Для полного разделения воды и кензола цилиндр с дистиллатом выдерживают в воде при 15° С, после чего производят отсчет кубиков воды и вычисляют ее содержание в процентах.

При хлоркальциевом методе отвешивают около 20 г эмульсии в колбу и туда же вливают 25 см³ 10%-ного раствора СаСl₂. Смесь взбалтывают. Содержимое колбы выливают в мерный цилиндр, приливают СS₂, перемешивают и по отстоянию отсчитывают количество находящейся в верхнем слое воды.

Определение свойств выделенного из эмульсии битума производят следующим образом.

Эмульсию коагулируют подкислением или нагреванием; воду отделяют механически, а остаток ее удаляют нагреванием до 105° С. Имеющиеся в остатке мыла отмываются водой. Битум испытывают на глубину проникания, дуктильность и температуру размягчения по кольцу и шару.

Определение степени дисперсности. Размеры частиц под микроскопом при увеличении в 500 раз определяются с помощью окуляр-микрометра. Эмульсию разбавляют слабощелочной водой.

Грубые частицы должны отсутствовать.

Г р у п п а в т о р а я

Устойчивость при хранении. 250 см³ эмульсии наливают в мерный цилиндр высотой примерно 30 см, диаметром 3,5 см и на 8 дней оставляют в покое. Через 8 дней отмечают количество отделившейся воды или битума (в куб. сантиметрах). После этого цилиндр энергично взбалтывают и отмечают,

можно ли этим простым способом восстановить первоначальную однородность эмульсии. У хороших эмульсий это оказывается возможным еще после 6 недель стояния.

Устойчивость при механическом встряхивании. 600—1000 г эмульсии заливают в плотно закрытую банку, которую устанавливают в механический встряхиватель. Эмульсию испытывают при 20—25°С в течение 24 час.; по окончании испытания не должно произойти распада эмульсии.

Устойчивость по отношению к кислотам. 100 г эмульсии разбавляют 250 см³ дистиллированной воды, после чего в смесь приливают незначительное количество нормальной HCl и по мере выделения битума продолжают постепенно добавлять разбавленную HCl, пока не выпадет весь битум.

Испытание на замораживание. Пробу эмульсии в 20—25 г заливают в химический стакан, помещают в охлаждающую смесь и выдерживают в ней до принятия температуры —10°С. По достижении этой температуры пробу вынимают и оттаивают при комнатной температуре. После оттаивания эмульсия не должна расслоиться.

Испытание устойчивости при высоких температурах. Пробу эмульсии в 20—25 г нагревают до 50—60°С и охлаждают до комнатной температуры.

После охлаждения производят испытание эмульсии на клейкость и свертываемость, которые не должны измениться после нагревания.

Г р у п п а т р е т ь я

Скорость распада. На поверхность металлической пластинки размером 10 × 10 см с ободком заливают ровным слоем 10 г эмульсии; последнюю сверху посыпают ровным слоем песка. Песок берут по весу в 5 раз больше, чем битума в эмульсии; после взвешивания пластинки следят за испарением воды.

Взвешивание производят через каждые 2 часа. Когда воды испарится 50%, то пластинку под углом в 45° ставят на 24 часа в сосуд с водой; при этом смесь должна быть устойчива и не должна стекать. Если же смесь будет стекать, то опыт повторяют, доводя испарение воды до 80%.

Результаты должны получаться такие же, т. е. смесь не должна растекаться, в противном случае эмульсия будет характеризоваться, как непригодная (50% соответствуют испарению воды из эмульсии на пологие дороги за один день при сырой погоде; 80% — при сухой погоде). Песок рассыпается для того,

чтобы создать условия, подобные дорожной одежде, и увеличить площадь соприкосновения эмульсии с твердым телом.

Скорость распада на фильтровальной бумаге. Эмульсию намазывают узкой полоской на фильтровальную бумагу и ставят под струю воды. При этом эмульсия не должна растекаться.

Смешение с камненным материалом. К 450 г чистого смоченного щебня с диаметром отдельных частиц от 4 до 15 мм добавляют 50 г эмульсии. Смесь эту подвергают энергичному перемешиванию в течение 3 мин., после чего не должно быть сколько-нибудь заметного отделения битума, содержащегося в эмульсии, а последняя должна покрыть равномерным слоем весь щебень с образованием после отделения воды компактной массы.

Разбавляемость водой. Две пробы эмульсии, по 100 см³ каждая, разбавляют возрастающими количествами, одну — дистиллированной, другую — водой из-под крана. Наблюдают, не произойдет ли при этом коагуляции.

Образование плотной пленки. Фарфоровую чашку покрывают тонким слоем эмульсии. Способность битумной пленки прилипать сильно возрастает по мере высыхания и считается совершенной, если после 24-часового высушивания на воздухе при более или менее продолжительном давлении пальцем пленку нельзя удалить с чашки.

После высушивания чашку помещают в воду и испытывают, насколько при этом понижается способность к прилипанию и какие при этом еще происходят изменения (цвет, разбухание, образование складок и т. д.).

Испытания битумных эмульсий, опубликованные лабораторией ГДОРНИИ РСФСР

Г р у п п а п е р в а я

Определение внешних свойств. Клейкость эмульсии определяется следующим образом. На указательный палец берут каплю эмульсии и по прошествии некоторого времени, когда эмульсия распадется, к нему прикладывают другой. Если под влиянием эмульгирования битум не изменил своих свойств, то при раздвигании пальцев вытягиваются между ними нити и при растирании на пальце битум не собирается в комок.

Определение содержания битума. В цилиндр емкостью 250 см³ заливают 100 см³ эмульсии и 100 см³ 5%-ной HCl.

Цилиндр ставят в термостат при температуре 90—95°С. Когда получится полное расслоение, цилиндр вынимают и охлаждают, после чего измеряют количество отделившейся воды.

Содержание битума определяется по формуле:

$$x = 200 - a - b - 2 \text{ (в \%)},$$

где: a — количество водного слоя,

b — процент эмульгатора,

2 — коэффициент поправки.

Определение степени дисперсности. Эмульсию исследуют под микроскопом следующим образом: каплю эмульсии наносят на стекло; сюда же прибавляют каплю употребляемого эмульгатора.

Каплю покрывают покровным стеклом и слегка прижимают. В хорошей эмульсии все частицы должны быть светлокоричневого и светложелтого цвета. У плохой эмульсии — частицы неровны и заметны темные, черные включения.

Неровность эмульсий можно обнаружить на стеклянной палочке, покрытой эмульсией: при хорошей эмульсии палочка производит впечатление покрытой лаком, при плохой — появляются крупинки и кусочки.

Группа вторая

Испытание стойкости при хранении. Эмульсию наливают в плотно закрывающийся сосуд и замечают время, после которого эмульсия окончательно свернется, т. е. когда выделившийся слой битума вновь с водным слоем уже не смешивается.

Наблюдение ведется ежедневно.

Скорость распада. На стеклянную пластинку размером 6×9 см при температуре около 15°С из стеклянной трубочки с диаметром 6—7 мм наносят 3 капли эмульсии (в одно место). Пластинку дают наклон в 30°. Затем через промежуток времени в 1, 2, 3, 4, 6, 8 мин. и т. д. отмывают эмульсию водой из водопровода, причем струю воды пускают в течение 15 сек. не на пятно эмульсии, а выше на 2 см. Тот образец считается распавшимся, у которого битум из капли не смывается. Если через 6 мин. битум еще смывается, а через 8 мин. — уже нет, то скорость распада равна 6—8 мин. Так как скорость распада эмульсии на поверхности зависит от процентного содержания битума, то для сравнения берут 50%-ную эмульсию (пужная концентрация достигается разбавлением более концент-

пированной эмульсии раствором эмульгатора). При скорости распада до 4 мин. эмульсия считается быстро распадающейся, при скорости распада 6—12 мин. — среднераспадающейся; при скорости распада от 14 мин. и выше — медленно распадающейся.

Группа третья

Смешение с каменным материалом. (Попытание в условиях, подобных дорожным). Каменный материал смешивают с эмульсией в ящике размером 20×20 см. По прошествии некоторого времени ящик разбирают и определяют, даст ли смесь удовлетворительную связность.

Испытания битумной эмульсии, разработанные лабораторией УИОССДОРа Московской обл.

В результате самостоятельной работы, а также изучения собранного материала Центральной лабораторией УИОССДОРа Московской обл. предложены временные инструкции для производства лабораторных испытаний битумных дорожных эмульсий.

В основу методов испытаний положены те заграничные и советские методы, которые характеризуют встречаемые в практике свойства эмульсий, методика которых легко выполнима, стандартиза и у разных исследователей будет давать одинаковые результаты. Испытания чисто субъективного характера, например испытание липкости эмульсии пробой на пальцах, не представляют ценности, так как при разных условиях температуры и в зависимости от марки примененного битума результаты будут разными. Часто описываемое обволакивание щебня — испытание, которое не характеризует эмульсию ни со стороны скорости распада, ни со стороны отношения эмульсии к различным каменным материалам. Такого рода испытания уже устарели и в новейших работах не применяются. Некоторые интересные методы, как например, метод распада и липкости по Матье и скорость распада эмульсии по методу Вебера и Бехлера (метод, который часто описывается в литературе), не были включены, так как еще не проверены в наших условиях (метод Матье) или несколько сложны для выполнения в производственных условиях (метод Вебера и Бехлера).

Понятно с описанием каждого испытания приводятся данные, полученные при изучении эмульсий:

- 1) Эмульсия «ОДИС-1» (на эмульситае) — рецепт Центр. лабор. б. МОДТ
- 2) «ОДИС-2» (на жидком нафтеновом мыле) — рец. Центр. лаб. б. МОДТ

- 3) Эмульсия Э № 3 (на сульфитном щелоке) — рецент Центр. лабор. б. МОДТ
- 4) " " с применением «контакта Петрова» и жидкого стекла — рецент лабор. ДЮРИН
- 5) Эмульсия «5 в 4» (с применением в качестве эмульгатора «контакта Петрова» — рец. лабор. ГДЮРИН
- 6) Эмульсия «на оксинислотах» — рец. лабор. ГДЮРИН
- 7) Битумная паста (на глине) — рец. лабор. ГДЮРИН
- 8) Эмульсия «Кодис» — импортная
- 9) Эмульсия детского «Magnon» — импортная

Некоторые эмульсии испытывались частично, некоторые полностью.

Взятие пробы эмульсии для анализа. Пробы берут из бака для хранения эмульсии после того, как содержимое бака будет тщательно перемешано. Пробы берут по одной количеством 1—1½ кг на каждые 15 т эмульсии.

Из бочек пробы берут по одной из каждой трех бочек после тщательного перемешивания содержимого их веслом.

Простого перекачивания бочки для перемешивания эмульсии недостаточно.

Если пробы берут из цистерны, то образцы надо брать с разных глубин: с верха цистерны, с середины и со дна по 1 кг, из которых составят один средний образец.

Г р у п п а п е р в а я

Определение внешних свойств и составных частей эмульсии. Указание на внешние свойства — цвет и запах — не имеет особого значения, но в некоторых случаях дает представление о степени дисперсности битума в эмульсии, так как чем мельче дисперсность, тем светлее ее коричневый цвет; у плохо диспергированной эмульсии цвет почти черный.

Запах в некоторых случаях указывает на примененный эмульгатор, так как некоторые из них обладают особым, им одним свойственным запахом, или указывает на примененные добавки к битуму, как например, добавка дегтя или камешноугольного масла.

Определение количества битума. В две фарфоровые чашки диаметром 12 см наливают навески по 50—60 г эмульсии и выпаривают на песчаной бане до прекращения пенообразования, которое прекращается примерно при 160° С. Чашки взвешивают и вычисляют процент битума по следующей формуле:

$$x = \frac{b \cdot 100}{a} \text{ (в \%)},$$

где: *a* — навеска эмульсии,
b — навеска битума.

Расхождение между параллельными испытаниями не должно превышать 0,1%.

Данные испытаний эмульсий приведены в табл. 7.

Таблица 7

Наименование эмульсии	Эмульсия «ОДБ-1»	Эмульсия «ОДБ-2»	«Э N 3»	«Э N 4»	Эмульсия осложненного типа	Эмульсия «ПДБ»	Паста битумная	«Матрион» модифицированная
Количество битума в %	50,62	56,23	50,78	57,76	40,64	51,68	61,45%	32,60%

Определение составных частей в битумной пасте производится следующим образом. Навеску пасты в 100 г высушивают в термостате при 105°C до постоянного веса. Разница в весе составляет процент содержания воды.

Высушенную пасту, содержащую битум и глину, экстрагировали хлороформом в аппарате Сокслета. В растворе определяли процентное содержание битума, а в патроне — глины. Состав образца имевшейся пасты был следующий: битум 61,45%, вода 24,70% и глина 13,85%.

Содержание дегтя определяли по методу отгонки с ксилолом.

Анализ раствора эмульгатора. Определение щелочи. Испытуемый раствор эмульгатора титруют 0,1 N HCl в присутствии метилоранжа или фенофталеина.

Концентрация щелочи должна строго соответствовать концентрации щелочи, заданной по рецепту.

Определение содержания мыла. Патровые мыла жирных, пафтенновых и сульфопафтенновых кислот растворяются в воде и при взбалтывании дают обильную пену, не исчезающую долгое время. Бариевые или кальциевые мыла этих кислот в воде нерастворимы и пены при взбалтывании не дают. Метод определения основан на переводе патровых мыл сульфопафтенновых кислот (какими являются «контакт Петрова», эмульсит и жидкое мыло) в бариевые нерастворимые мыла.

Испытание производят следующим образом.

10 см³ 0,5%-ного раствора BaCl₂ заливают пипеткой в узкогорлую склянку с притертой пробкой, куда по каплям приливают из

бюретки испытуемый раствор эмульгатора. Вначале прибавляют раствора по 1 см^3 ; после каждого прилитого 1 см^3 кубикку закрывают пробкой и взбалтывают 10 раз с одинаковой силой. Таким образом поступают до появления пены — неустойчивой и крупноячеистой. Затем испытуемый раствор приливают по $0,1 \text{ см}^3$ до тех пор, пока пена не станет мелкоячеистой и устойчивой и не будет исчезать в течение одной минуты. Этот момент будет соответствовать концу реакции между имеющимся раствором BaCl_2 и натровым мылом и появлению в растворе избытка натрового мыла.

Так как химическая формула сульфонафтовых мыл неизвестна, и поэтому установить точное процентное содержание мыла в растворе эмульгатора нельзя, то о результатах анализа судят по числу кубиков затраченного раствора мыла, пошедших на $10 \text{ см}^3 \text{ BaCl}_2$. Это число должно соответствовать числу кубиков, затраченных при анализе раствора опытной варки.

Расхождение между параллельными анализами обычно не превосходит $1-2 \text{ см}^3$ на 50 см^3 раствора.

Описанный метод удобен в производственных условиях, так как дает возможность быстро определить негодный к употреблению раствор эмульгатора.

Присутствие большого количества нефтяных масел в эмульгаторе маскирует конец реакции и допускает ошибки в результатах анализа. В этом случае метод неприменим.

Определение свойств выделенного из эмульсии битума. Битум, полученный после определения процентного содержания битума способом выпаривания, испытывают на глубину проникания, дуктильность, точку размягчения по кольцу и шару согласно стандартным методам.

Определение свойств выделенного из эмульсии битума проводилось на эмульсионной базе. Регулярно испытывали глубину проникания и периодически — дуктильность и точку размягчения. Во всех случаях сколько-нибудь заметного изменения свойств не происходило (табл. 8).

Определение степени дисперсности эмульсии. Предварительное определение дисперсности на стеклянной палочке. Стеклянную палочку покрывают эмульсией и наблюдают, ровно ли покрывает эмульсия палочку и нет ли на ней крупинок. При плохо проэмульгированной или частично свернувшейся эмульсии на поверхности палочки наблюдаются крупинки.

Микроскопическое исследование при $\times 600$. Каплю эмульсии наносят на предметное стекло и добавляют каплю раствора

Данные испытаний эмульсий

Наименование эмульсии	ОДИС-1	ОДИС-2	«Э № 3»	Репент ДОРНИИ	Примечание
Глубина проникания	180	170	130	135	Битум, применявшийся при изготовлении эмульсий «Э № 3» и по реп. ДОРНИИ, имеет глубину проникания 140, эмульсии «ОДИС-1» и «ОДИС-2» — 185

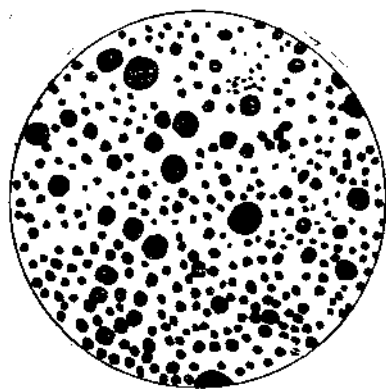
эмульгатора, чтобы разбить эмульсию; после этого на предметное стекло накладывают покровное стеклышко.

Качественное определение. При рассмотрении капли эмульсии видно, хорошо ли проэмульгирован битум: глобулы (частицы) битума должны быть округлыми, от коричневого до светложелтого цвета. Среди «мелочи» замечается броуновское движение.

Определение размеров глобул битума. Каплю эмульсии разбавляют каплей 1%-ного раствора желатины, которая стабилизирует эмульсию и при застывании фиксирует расположение глобул битума.

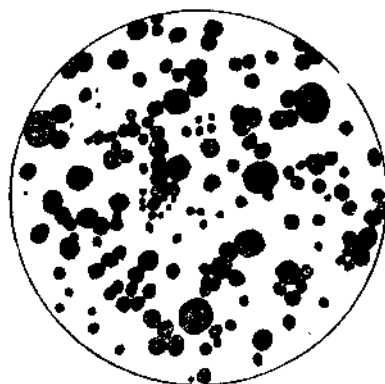
Определение производится с помощью окуляр-микрометра или аппарата Фуко, при этом отмечают взаимное соотношение «мелочи» до 4 μ , «средних» — 10—13 μ и «крупных» — 30—90 μ глобул битума, а также равномерность эмульгирования, цвет, форму глобул и их размеры.

Описание исследованных эмульсий. При рассмотрении эмульсий «Э в 4», «ОДИС-1» и «ОДИС-2» под микроскопом обнаруживается примерно одна и та же картина (фиг. 16): глобулы — шаровидной формы от коричневого до светложелтого цвета, много «мелочи» — от 1,5 до 4,0 μ ; наблюдается оживленное броуновское движение, мало-помалу замирающее под покровным сте-

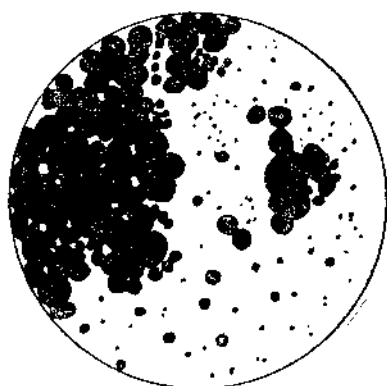


Фиг. 16. Эмульсия „Э в 4“.

плом. Большая масса глобул размерами 15, 20, 30 μ . Очень незначительное количество глобул больше 40,0 μ . При распаде,

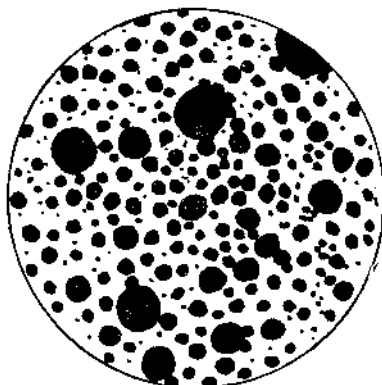


Фиг. 17. Первая стадия коагуляции.



Фиг. 18. Вторая стадия коагуляции.

который довольно быстро происходит под стеклом, сначала глобулы соединяются попарно, образуют гроздья, на которые налетают движимые током жидкости одиночные глобулы, напры, пеночки. Участок слившихся частиц постепенно увеличивается. Пленочки воды, заключающиеся между глобулами, исчезают, и в поле зрения виден толстый коричневатый, даже провешивающий слой битума с заключенными в нем кое-где каплями воды (фиг. 17 и 18).



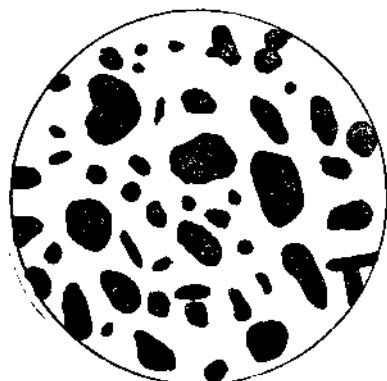
Фиг. 19. Эмульсия „Э № 3“.

в эмульсии слабее (фиг. 19).

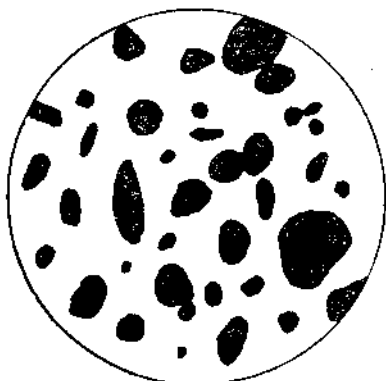
Битумная паста ГДОРНИИ и дегтевая эмульсия «Магнот», хотя и получены из разного материала, но под микроскопом

преимущественно друг на друга похожи (фиг. 20 и 21). «Мелочня» совсем нет, хлопбыли очень крупные — в 50—90 р, черного цвета, самой разнообразной формы (угловатые, длинные, овальные).

Судя по этим признакам, можно сказать, что и паста и эмульсия «Магмон» вырабатывались на мешалках медленного вращения



Фиг. 20. Паста битумная.



Фиг. 21. Дебетовая эмульсия «Магмон».

при невысокой температуре, при которой битум или деготь были еще в полутвердом состоянии.

Группа вторая

Характеристика свойств эмульсии, проявляющихся при хранении в больших массах. Устойчивость во времени. Определение устойчивости производят отстаиванием. Для этой цели эмульсию наливают в плотно закрытую банку и замечают время, после которого произойдет полный распад. Получаемые с помощью гомогенизатора эмульсии настолько устойчивы, что если в течение первых 7 дней полного распада эмульсии не произошло, то дальнейшие наблюдения достаточно производить 1 раз в месяц.

При определении устойчивости центрифугированием в пробирки центрифуги наливают эмульсию; вдоль пробирки наклеивают миллиметровую бумагу и на ней отмечают уровень эмульсии. После этого центрифугу включают на 15 мин. и дают 3500 оборотов в 1 мин. Затем пробирки вынимают, и на миллиметровой

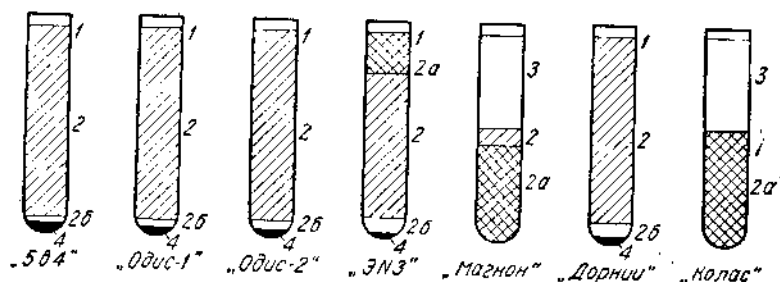
бумаге отмечают величину слоев, на которые расслоилась эмульсия.

Однородно- и крупнодисперсная эмульсия ясно разделяются на водный прозрачный слой и темный слой высококонцентрированной эмульсии. У мелкодисперсной эмульсии ясного разделения слоев нет.

Различия между эмульсиями при центрифугировании изображены на фиг. 22.

Эмульсия «ОДИС-1» хранилась в лаборатории с 1933 по 1935 г. Признаков распада не наблюдалось.

Эмульсия «ОДИС-2» — с 1934 г. по настоящее время; распада не наблюдается.



Фиг. 22. Различия между эмульсиями при центрифугировании.

1 — тонкая пленка битума, 2 — эмульсия, 2а — концентрированная эмульсия, 2б — слабоконцентрированная эмульсия, 3 — вода, 4 — осадок.

Эмульсия «Э № 3» — с начала 1935 г. по настоящее время; распада нет.

Эмульсия «б в 4» — с 1931 г. по настоящее время; распада нет.

Эмульсия рец. ДОРНИН — с 1935 г. по настоящее время; распада нет.

«Колас» — с 1928 по 1933 г.; в последний год эмульсия расслоилась.

«Магдон» — с 1928 г. по настоящее время; распада нет.

Устойчивость при перевозке. Для выяснения действия, которое могут произвести на эмульсию толчки, получаемые ею при перевозке, эмульсию заливают в две стеклянные банки: в одну — доверху, а в другую — до половины. Банки помещают в механический встряхиватель на 2 часа, или в барабан Деваля на 24 часа. По прошествии соответственно 2 или 24

час. Эмульсию испытывают под микроскопом на тонкость дисперсии.

При этом, если не обнаруживается грубых сгустков, эмульсия механически устойчива.

Все испытанные эмульсии «ОДИС-1», «ОДИС-2», «ОДИС-3», «Б» и «А», эмульсии на окислителях и по рецепту ДОРНИИ оказались механически устойчивыми.

Устойчивость при низких температурах. Устойчивость эмульсии при замораживании указывает, можно ли перевозить или хранить и употреблять эмульсию при температуре ниже 0° .

Пробу эмульсии в 40 г наливают в баночку емкостью 50 см³, помещают в морозный ящик при -5° С, где выдерживают 1 час, затем дают оттаять при комнатной температуре и отмечают, не появились ли сгустки или комки битума (табл. 9).

Таблица 9

Данные испытаний

Эмульсия ОДИС-1	Эмульсия ОДИС-2	Эмульсия «ОДИС-3»	Эмульсия «Б» и «А»	Эмульсия на окис- лителях	Эмульсия рецепт ДОРНИИ	«Магнов»
Распалась	Распалась	Не распалась	Распалась	Не рас- палась	Рас- палась	Не рас- палась

Группа третья

Характеристика свойств эмульсии для определения способов ее применения в дорожном строительстве. Скорость распада. Скорость распада по методу «с сетками» представляет собой несколько видоизмененный метод Мак-Гессона.

Две навески чистого сухого речного гравия, по 300 г каждая, фракций 6—4 мм загружают в проволочные корзинки и погружают в эмульсию на 2 мин. так, чтобы весь гравий был покрыт. Затем корзинки вынимают и выдерживают на воздухе в течение 15 мин., после чего одну из корзинок промывают слабым раствором эмульгатора или слабым мыльным раствором до получения чистых промывок вод. Обе корзинки ставят в сушильный шкаф и высушивают до постоянного веса.

Привес в промытой корзинке, отнесенный к привесу битума в непромытой и умноженный на 100, дает скорость распада эмульсии в процентах.

Для эмульсии, быстро расплывающейся, показавшая	от 60 до 100%
" " медленно "	от 0 " 30%
" " средние "	от 30 " 60%

Скорость распада по методу «с сетками» для исследованных эмульсий приведена в табл. 10

Таблица 10

Эмульсия	Эмульсия «О.П.Н.-1»	Эмульсия «О.П.Н.-2»	Эмульсия «О.П.Н.-3»	Эмульсия «3 в 4»	Эмульсия на окислителях	Эмульсия рецента дорожи	«Магнит»
Скорость распада в %	53,68	57,16	0,0	41,40	0,0	31,0	0,0

Принципиальным отличием метода «с сетками» от метода Мак-Кессона, не считая мелких изменений размеров и количества гравия и температуры, является промывка сетки не водопроводной водой, как рекомендует Мак-Кессон, а слабым мыльным раствором, или, как это практиковалось на эмульсионной базе, — раствором эмульгатора. Такое изменение было сделано потому, что было отмечено коагулирующее действие воды на эмульсию, которое сильно отражалось на результатах анализа. Существенным недостатком метода «с сетками» заключается в том, что он не дает указаний о скорости распада эмульсии на тех именно каменных материалах, которые будут применены в дорогах.

Определение вязкости на приборе Энглера. Вязкость эмульсии определяют ее рабочее состояние при разливе. 300 г эмульсии процеживают через сетку с отверстиями в 1,0 мм для того, чтобы случайно попавшие кусочки пленки битума не засорили выходного отверстия вискозиметра. Эмульсию заливают до верхушки острия и выдерживают в течение 10 мин. при температуре 25° С, после чего быстро поднимают деревянный затвор и пускают в ход секундомер. Секундомер закрывают тогда, когда эмульсия наполнит поставленный под выходное отверстие цилиндр или мерную колбу до метки 50 см³. Удобная в производстве дорожных работ вязкость эмульсии лежит в пределах 2—6° Э, или 22—66 сек.

Нужно отметить, что для эмульсий одного и того же рецента, вязкость колеблется в очень широких пределах.

Так, вязкость эмульсии зависит от:

- 1) вязкости дисперсионной среды.
- 2) содержания и природы битума.

3) трения глобул битума, одетых защитной пленкой, о вязкость дисперсионной среды.

4) взаимного трения глобул.

5) степени дисперсности глобул битума.

Для определения вязкости проф. Эйштейн предложил следующую формулу:

$$\eta = \eta_0 \left(1 + 2,5 \frac{v_1}{v} \right),$$

где:

η — вязкость системы.

v — объем всей системы.

η_0 — вязкость среды.

v_1 — суммарный объем частиц дисперсной фазы.

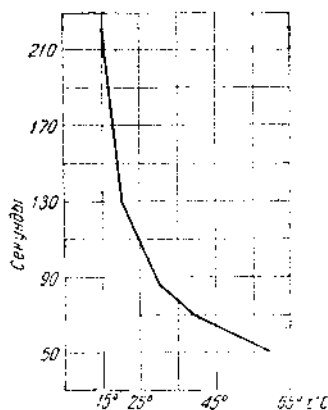
Эта формула имеет тот существенный недостаток, что в ней не показана зависимость вязкости от степени дисперсности, которая играет, как это известно из опыта, большую роль. Влияние дисперсности объясняется тем, что тонко дисперсные частицы окружены оболочками уплотненного растворителя, которые увеличивают объем частицы тем сильнее, чем больше степень дисперсности. Поэтому суммарный объем тонкодисперсных частиц, одетых водной уплотненной оболочкой, будет больше, чем такой же суммарный объем грубодисперсных.

Чрезвычайно сильно влияют на вязкость эмульсии температура окружающей среды и концентрации битума.

Вязкость измерялась на приборе Энглера на вытекание 50 см³ эмульсии («5 в 4») при 40° С. Вязкость различных образцов этой эмульсии колебалась в пределах 20—35 сек., доходя в исключительных случаях до 70 сек.

Вязкость уменьшается с повышением температуры довольно круто (фиг. 23 и табл. 11). Содержание битума в исследуемой эмульсии — 56%.

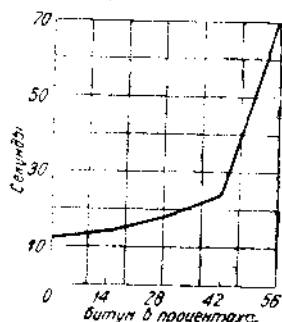
Вязкость эмульсии с увеличением содержания в ней битума возрастает таким образом, что при незначительных концентра-



Фиг. 23. Зависимость вязкости эмульсии от температуры.

ниях битума вязкость эмульсии немногом отличается от вязкости дисперсной среды, затем при какой-то критической концентрации кривая довольно круто поднимается вверх (фиг. 24 и табл. 12).

Исследование производилось следующим образом: сначала были определены вязкость дисперсионной фазы (т. е. раствора эмульгатора) и вязкость эмульсии при концентрации в ней битума 56% (в данном случае); затем эту эмульсию разводили эмульгатором в 2, 3, 4 раза и т. д., и



Фиг. 24. Зависимость вязкости эмульсии от концентрации битума.

В 5 фарфоровых чашек или стаканов соответственной емкости отweighивают по 50—60 г эмульсии. В одной из чашек определяют процентное содержание битума по методу выпаривания. В остальные чашки доливают воду с таким расчетом, что бы развести эмульсию в 1, 2, 5, 10 раз.

Смесь размешивают стеклянной палочкой и оставляют в покое на 10 мин. Затем содержимое чашек фильтруют через сетку № 40 и в фильтрате, взятом по весу, определяют процент битума по методу выпаривания.

Зная процент битума в исходной эмульсии, вычисляют его в эмульсии разбавленной. Разница между полученным практи-

Таблица 11

Температура ° C.	Вязкость	
	в сеп.	в %
15	220	20,0
20	130	11,8
25	110	10,0
30	87	7,9
40	70	6,4
45	65	5,9
60	50	4,5

Таблица 12

Битум в %	Вязкость	
	в сеп.	в %
0	12	1,1
14	14	1,2
28	18	1,6
42	24	2,1
56	70	6,3

величины вязкости наносилась на кривую.

Определение устойчивости эмульсии при разведении водой.

чески процентом содержания битума и вычисленным для данного разбавления дает процент свернувшегося при этом разбавлении битума. За характеристику эмульсии принимается процент свернувшегося битума при 5-кратном разбавлении.

Результаты испытания различных эмульсий приведены в табл. 13 и на фиг. 25.

Для одной и той же эмульсии показатель разведения является величиной довольно постоянной (табл. 14), но колеблется в за-

Таблица 13

Степень раз- ведения	Практически получен. про- цент битума	Теоретический вычисленный % битума	Процент ве- свернувшегося битума при- нимаемый теорет. величина, из- 100%	Процент свер- нувшегося битума	Наименование эмульсии	Показатель эмульсии	Примечание
1:0	39,88	—	—	—	ОДНС-1	23,50	
1:1	19,81	19,94	99,24	0,76			
1:2	12,90	13,20	97,06	2,94			
1:5	5,08	6,64	76,50	23,50			
1:10	1,76	3,32	48,61	51,29			
1:0	56,23	—	—	—	ОДНС-2	50,00	
1:1	27,58	28,12	98,08	1,92			
1:2	12,83	18,72	69,06	30,40			
1:5	3,86	9,37	41,20	58,80			
1:10	1,10	5,11	21,52	78,68			
1:0	57,76	—	—	—	«5 в 4»	99	Практически коагулирует- ся уже при дву- кратном разве- дении, но «вы- воротится» эмуль- сия на прозрач- ность мелочью.
1:1	28,74	28,88	99,54	0,46			
1:2	0,65	19,25	0,34	99,66			
1:5	0,09	9,68	0,09	99,91			
1:10	0,02	5,25	0,04	99,93			
1:0	50,72	—	—	0	«5 № 3»	100	Разведенная эмульсия все проходит через сетку; водой не коагулируется
1:1	—	—	—	0			
1:2	Не свертывается	—	—	0			
1:5	—	—	—	0			
1:10	—	—	—	0			
1:0	40,84	—	—	0	Эмульсия из окислен- ного битума	100	То же
1:1	—	—	—	0			
1:2	Не свертывается	—	—	0			
1:5	—	—	—	0			
1:10	—	—	—	0			

Степень разведения	Практически полученный процент битума	Теоретически вычисленный % битума	Процент не свернувшегося битума при анализе теоретически, на (100% б)	Процент свернувшегося битума	Наименование эмульсии	Показатель эмульсии	Примечание
1:0	51,68			0	Рецепт ДОРИНИ		
1:1				0	«контакт		
1:2	Не свертывается			0	Петрова» +	0,0	То же
1:5				0	+ жидкое		
1:10				0	стекло		
1:0	61,45			0	Паста ¹		
1:1				0	рецепт	0,0	Водой не коагулируется
1:2	Не свертывается			0	ДОРИНИ		
1:5				0			
1:10				0			
1:0	32,60			0	«Магнов» ¹		
1:1				0	дегтевая		
1:2	Не свертывается			0	эмульсия	0,0	То же
1:5				0			
1:10				0			

висимости от количества примененного эмульгатора, или, при одном и том же количестве эмульгатора, - от концентрации битума, что по существу одно и то же (табл. 15).

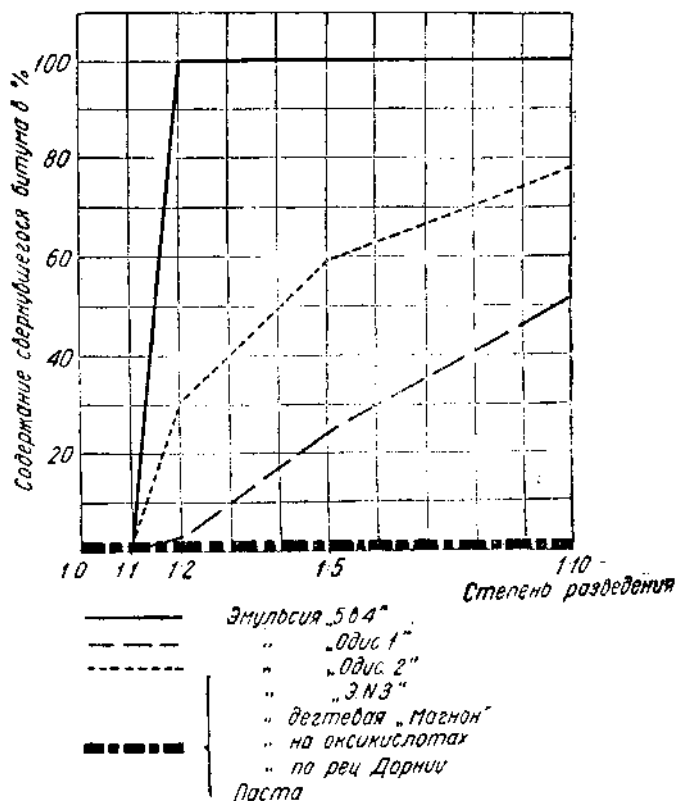
Теоретически коагулирующее действие воды можно рассматривать как комплексные воздействия нескольких факторов: 1) коагулирующее действие электролитов воды на эмульсию, 2) понижение концентрации эмульгатора в воде и 3) от степени дисперсности эмульсии.

Трудно предположить, что первый фактор является главным коагулирующим агентом, так как эмульсии на «контакте Петрова» и «ОДИС-1» разрушаются и от действия дистиллированной воды.

Однако вполне вероятно, что отсутствие незначительных количеств солей Са и Mg, главным образом находящихся в водопроводной воде, к тому же образующих с эмульгатором соединения, нерастворимые в воде и не обладающие эмульгирующей

¹ Паста и дегтевая эмульсия «Магнов» на вид представляют собой довольно грубую систему, поэтому их не пропеживали через сито и на глаз определяли, не появляются ли сгустки.

способностью, ускоряет процесс и увеличивает количество скоагулированного битума. На оксикислоты и сульфитный щелок, повидимому, эти электролиты не действуют.



Фиг. 25. Зависимость процента свернувшегося битума от степени разведения.

Количество эмульгатора, адсорбированное битумной глобулой из раствора и образующее вокруг нее защитную пленку находится в некотором равновесии с общим количеством (концентрацией) эмульгатора в растворе.

При разбавлении эмульсии водой равновесие нарушается, часть адсорбированного эмульгатора переходит в раствор и тем полнее, чем легче растворяется эмульгатор в воде.

Таблица 14

Степень разведения	Практически получен, % битума	Теоретически вычислен, % битума	Процент не- связ. битума, применяя теор. вычис- лен, за 100%	Процент связываемого битума	Наименование эмульсии	Показатель распада в %	Примечание
1:10	56,80	-	-	-	«ОДНС-2»	37,0	«ОДНС-2» из- готовления 1935 г. по вы- данным рецепту
1:1	25,47	28,40	89,68	10,32			
1:2	12,58	18,83	66,81	33,19			
1:5	6,17	9,47	63,04	36,96			
1:10	2,42	5,16	46,90	53,10			
1:10	56,78	-	-	-	«ОДНС-2»	37,0	То же
1:1	25,69	28,39	90,48	9,52			
1:2	14,97	18,93	79,08	20,92			
1:5	5,95	9,46	62,89	37,11			
1:10	2,19	5,16	48,25	51,75			

Защитная пленка утончается и наконец делается настолько тонкой, что уже не защищает глобулу от слияния с соседней.

Таблица 15

Степень разведения	Практич. получен, % битума	Теоретически вычислен, % битума	Процент не- связ. битума, применяя теор. вычис- лен, за 100%	Процент связываемого битума	Наименование эмульсии	Показатель распада в %
1:10	48,36	-	-	-	«ОДНС-1»	62,50
1:1	20,79	24,18	92,09	7,91		
1:2	13,25	16,11	82,24	17,76		
1:5	2,25	5,05	37,52	62,48		
1:10	1,11	4,40	32,04	67,96		
1:10	39,88	-	-	-	«ОДНС-1»	23,50
1:1	19,81	19,91	99,24	0,76		
1:2	12,90	13,29	97,06	2,94		
1:5	5,08	6,64	76,50	23,50		
1:10	1,76	3,32	48,61	51,39		

Концентрация эмульгатора в растворе играет значительную роль: чем больше эмульгатора применено для получения эмульсии, тем позже наступает предел, после которого начинается слияние глобул.

Как при всяком отмывании адсорбированного вещества, скорость процесса идет по кривой, круто повышающейся пна-

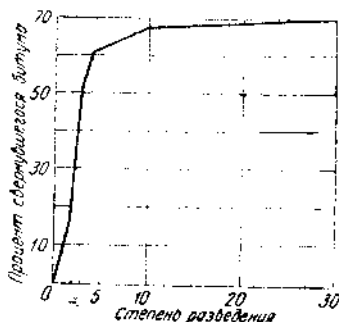
маке и в пределах стремнейшей стать параллельной оси (фиг. 26).

Так, эмульсия ОДИС-1 при разбавлении в отношении 1 : 3 дает 52,21 скоагулированного битума, и дальнейшее прибавление воды в отношении 1 : 10, 1 : 20 и 1 : 30 дает соответственно - 67,96, 68,26 и 69,20 и при дальнейшем разведении, практически беспрдельном, цвет сыворотки все же остается светлокоричневым, что указывает на присутствие нераспавшейся эмульсии (табл. 16).

Сливание начинается с самых крупных глобулей, как с наименее устойчивых, затем сливаются средние. «Мелочь» даже при очень сильном разбавлении остается устойчивой, и сыворотка, оставшаяся после того как часть эмульсии свернулась, остается светлокоричневой от присутствия мелких частичек.

Вообще надо заметить, что чем мельче дисперсность эмульсии, тем светлее ее коричневый цвет. Такая последовательность коагуляции очень ясно заметна на прилагаемых зарисовках под микроскопом разбавленной эмульсии (фиг. 27 и 28).

Практическим выводом из этой работы является следующее: эмульсии «Б в 4», «ОДИС-1» и «ОДИС-2» разбавлять водой даже в незначительных пропорциях нельзя, поэтому, употребляя сил-



Фиг. 26. Зависимость скорости свертывания битума от степени разведения.

Таблица 16

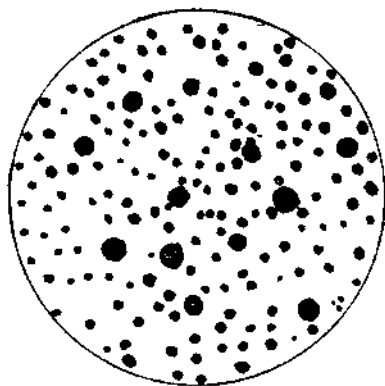
Степень разведения	Практически полученный % битума	Теоретически вычисленный % битума	Процент несвернувшегося битума	Процент свернувшегося битума	Наименование эмульсии
1 : 0	48,35	—	—	—	«ОДИС-1»
1 : 1	22,79	24,18	92,09	7,91	
1 : 2	13,25	16,11	82,24	17,76	
1 : 3	6,04	12,64	47,79	52,21	
1 : 4	3,93	9,95	38,50	61,50	
1 : 5	2,25	8,05	37,52	62,48	
1 : 10	1,11	4,40	32,04	67,96	
1 : 20	0,73	2,80	31,74	68,26	
1 : 30	0,49	1,56	30,80	69,20	

по смоченный камешный материал, рискуют вызвать преждевременный частичный распад эмульсии и появление ступок.

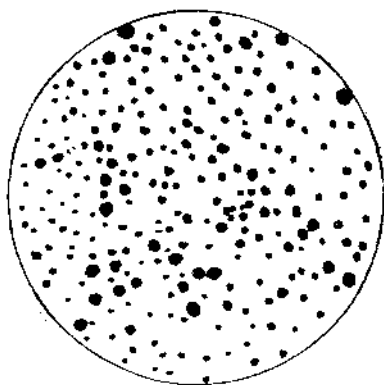
Эмульсия на оксикислотах и «Э № 3» этого опасения не вызывает.

Реэмульгирование. Щебенку перевязывают крест-накрест лентой и окунают в эмульсию. Дав эмульсии стечь, подвешивают щебенку для просушки. Через 24 час. щебенку помещают на 2 часа в воду. Вода не должна окраситься, и пленка битума не должна набухать и отставать от щебенки.

Определение скорости отдачи воды и образования прочной, водонепроницаемой пленки. Пришлифованный на точильном



Фиг. 27. «Сыворотка» эмульсии «Б в 4» при двукратном разведении.



Фиг. 28. «Сыворотка» эмульсии «Б в 4» при пятикратном разведении.

круге кусок известняка погружают в эмульсию. Через определенные промежутки времени: 1, 2, 3, 4, . . . 10, 15, 30 мин., 1, 2, 3 и т. д. часа на покрытую эмульсией поверхность наносят каплю HCl .

До тех пор пока битумная пленка не сформируется, при действии HCl будут выделяться пузырьки газа.

Одновременно с пробой HCl пробуют, легко нажимая пальцем, снять пленку с камня.

Метод требует проверки на фактическом материале.

Все описанные методы испытаний имеют целью охватить исследованием практически важные свойства эмульсий. По мере изучения новых способов методика должна соответственно дополняться и изменяться.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭМУЛЬСИИ С КАМЕННЫМ МАТЕРИАЛОМ

Дорожная эмульсия, стойкая при хранении, при нанесении ее тонкой пленкой на поверхность каменного материала (в зависимости от рода работ, для которого ее желательнее применить) должна или быстро или, наоборот, медленно распасться на битум и воду.

Для метода пропитки и поверхностной обработки дорожного полотна применяется быстро распадающаяся эмульсия.

Для способа смещения применяется эмульсия медленно распадающаяся. Это дает возможность равномерно перемешать каменный материал с эмульсией и до ее распада уложить смесь на дорогу.

При получении покрытий типа асфальтобетона применяются устойчивые эмульсии, не реагирующие с поверхностью камня и поэтому допускающие равномерное объединение с мелкими частицами заполнителя и песка.

Теории д-ра Малиссона и д-ра Ланге, д-ра Вильгельми, проф. Менье, д-ра Вебера и д-ра Блехера

Относительно явлений, происходящих при распаде эмульсий, существует несколько теорий, пытающихся более или менее полно охватить сущность явлений.

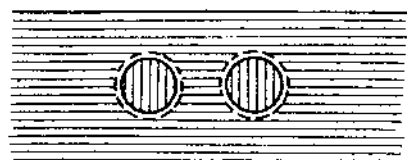
Эти теории вкратце приведены ниже.

Д-р М а л и с с о н считает, что распад вызывается тем, что сила прилипания битума к камню больше сил, удерживающих битум в диспергированном состоянии; поэтому при нанесении эмульсии на поверхность камня начинается адсорбция последним битума и, как следствие, распад системы.

Того же мнения относительно адсорбции битума каменным материалом придерживается и д-р Л а н г е, который однако добавляет, что скорость распада эмульсии различна для различных каменных пород.

Д-р В и л ь г е л ь м и представляет себе битумную частицу в эмульсии, одетую в две оболочки, из которых первая — внутренняя, состоящая из тончайшей пленки эмульгатора, и вторая — наружная — из оболочки адсорбированной воды. Эта оболочка предохраняет защитную пленку от влияния дисперсионной среды.

Распад эмульсии происходит следующим образом: каменный материал, соприкасаясь с эмульсией, жадно впитывает в свои поры водную предохраняющую оболочку. Вслед за этим камень, благодаря наличию большей, чем у битума, адсорбционной способности адсорбирует эмульгатор.



Фиг. 29. Схема расположения глобул битума в эмульсии.

1. *Воздействие поверхностной энергии.* Пока эмульсия находится в большой массе, проявления поверхностной энергии почти равны нулю, так как отношение m частичек битума поверхностного слоя на границе раздела с воздухом к общей массе частичек M очень мало.

Когда эмульсия разлита на дорогу и находится в тонком слое, то отношение $\frac{m}{M}$ возрастает. Число частичек битума, находящихся на границе раздела, увеличивается пропорционально толщине пленки¹. Представим себе две частички в равновесии в глубине массы (фиг. 29). Предположим, что после разлива эти две частички очутились на поверхности на границе с воздухом.

Поверхностное натяжение на границе защитная пленка — воздух, ранее незначительное, теперь увеличивается, а поверхностное натяжение защитная пленка — вода уменьшается. Следствием этого является расположение защитной пленки на поверхности воды, и две частицы, не защищенные более, сливаются вместе (фиг. 30). Это явление происходит до тех пор, пока все находящиеся на поверхности частицы не соединятся.



Фиг. 30. Схема расположения глобул битума при распаде эмульсии.

¹ Приводимые ниже рисунки, как и все изложение теории проф. Менье взяты из журн. «Revue générale des ponts» 1931.

2. *Явление испарения воды из эмульсии.* При испарении воды из эмульсии эмульгатор полностью остается в битуме. На скорости испарения сильно сказываются температура и влажность воздуха. Уход воды посредством испарения был бы невозможен, если бы поверхность битума была вполне однородной. В действительности этого нет. Образование битумной пленки есть результат перехода эмульсии «битум в воде» в эмульсию «воды в битуме». Как совершается этот переход ясно видно из фиг. 31. Уже вполне сформировавшаяся пленка содержит еще до 20—25%. Эта вода окончательно уходит лишь после некоторого промежутка времени и при действии на покрытие механических сил, например катков, выжимающих из него воду.

3. *Фильтрация воды через пустоты дорожного полотна.* При этом эмульгатор в большей или меньшей степени, в зависимости от точности распределения своего в воде, будет уходить вместе с водой через капилляры и пустоты полотна.

4. *Явление адсорбции частичек битума на поверхности каменного материала.* Это явление аналогично тому, какое происходит при окраске волокон в воде: частицы краски адсорбируются и прочно фиксируются на поверхности волокна. Адсорбция битума будет тем лучше, чем полнее будет совершаться уход эмульгатора через капилляры.

Теория Вебера и Блехера. Большие работы, произведенные германскими химиками Вебером и Блехером, позволили им прийти к заключению, что каменные материалы нужно разделить на активные и пассивные по отношению к определенной эмульсии, т. е. одна и та же эмульсия может с одним каменным материалом быстро распадаться, с другим — медленно. Взаимодействие между эмульсией и камнем происходит исключительно на поверхности. Степень распада или количество выделенного битума есть функция поверхности каменного материала. Скорость распада зависит не только от величины поверхности каменного материала, но и от характера ее, т. е. от пористости, причем здесь важен не только общий объем пор, но и число и форма их, или, другими словами, величина поверхности пор.

Распад происходит следующим образом: каменные материалы обладают способностью при соприкосновении со щелочными или мыльными растворами концентрировать на своей поверхности, путем адсорбции, щелочь или мыло.

При взаимодействии камня с эмульсией в зоне их соприкосновения тотчас начинает действовать сила адсорбции, и концентрация щелочи и мыла в растворе повышается до такой степени,

что равновесие в системе эмульсии нарушается, и битум выделяется на каменный материал. Это происходит в том случае, если содержание щелочи в эмульсии не более 0,1% и мыла — 1,0%.

В случае избытка щелочи предел насыщения камня щелочью наступает раньше, чем уменьшение концентрации нарушит устойчивость системы, и битум по этой причине выделяться не будет (будет действовать другая причина — испарение воды).

К наиболее активным камням относятся те, которые лучше смачиваются водой, чем битумом. Когда эмульсия попадает на такой камень, то выделяющиеся первые капли битума не соединяются в сплошную пленку, а образуют рыхлую, высокопористую губку, которая соприкасается с камнем лишь в немногих точках и не мешает активности камня в отношении остальной эмульсии, направляющейся к каменным материалам вследствие диффузии. Выделение битума продолжается дальше, пока поры губки не заполнятся до конца битумом.

Малоактивные камни лучше смачиваются битумом, чем водой. В этом случае выделившиеся капли битума дают сразу вокруг щебенки плотную пленку, которая прекращает дальнейший доступ эмульсии, и битум более не выделяется.

Эта работа германских химиков освещает картину распада эмульсии на дороге и дает ключ к пониманию многих, пока недостаточно исследованных, явлений, происходящих на дорожном полотне. На поверхности коры этот процесс распада эмульсии и выделения битума ускоряется испарением воды, что тоже способствует нарушению системы эмульсии.

Распад устойчивых эмульсий.

В отношении устойчивых эмульсий, изготовленных с применением нерастворимых в воде органических и неорганических эмульгаторов, принимается, что распад вызывается исключительно испарением воды.

Суммируя все имеющиеся сведения о распаде эмульсий, этот процесс представляется нам в следующем виде.

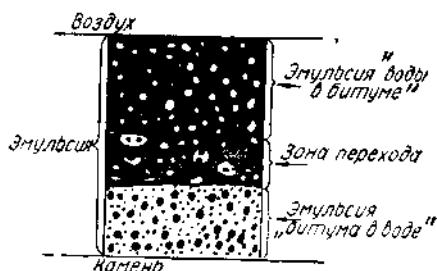
Распад эмульсии протекает в три фазы: 1) собственно распад эмульсии и выделение битума в осадок, 2) формирование битумной пленки и 3) восстановление связующей способности битума.

Скорость распада эмульсии зависит от количества и качества примененного эмульгатора, от степени специфической адсорбции каменного материала и от скорости испарения воды, зависящей от атмосферных условий во время и после разлива эмульсии на дорожное полотно.

Тщательно выполненная работа химиков Вебера и Блехера, произведенная на большом количестве образцов эмульсий и каменных пород, проверенная на австрийских материалах проф. Сунда и на советских — ДОРНИИ Гулясодора НКВД СССР, не позволяет отрицать важность специфической адсорбции щелочи каменным материалом, но по словам авторов этой теории специфическая адсорбция проявляется лишь в том случае, если в эмульсии свободной щелочи содержится не более 0,1% и мыла не более 1,0%, и то при наличии активного каменного материала. Если же концентрация щелочи и мыла выше, то распада эмульсии не наступит. В этих случаях, как и в случае употребления эмульсий, приготовленных с применением органических или неорганических эмульгаторов, не имеющих характера мыла, распад происходит только в результате испарения воды из эмульсии.

Поэтому, не исключая значения применения активного каменного материала, главную роль при распаде эмульсии на дорожном полотне автор отводит скорости испарения воды.

Битум, выделившийся при распаде эмульсии, представляет собой рыхлую губку, поры которой заполнены водой.



Фиг. 31. Схема распада эмульсии.

Подобного рода губку приходилось наблюдать весьма часто, в особенности в местах скопления эмульсии в углублениях между щебенками. Если такой ступок эмульсии схватить в руке, то из него каплями будет сочиться вода. Формирование пленки через такую губку и переход при этом эмульсии «битума в воде» в эмульсию «воды в битуме» ясно изображены на фиг. 31.

Скорость формирования битумной пленки и приобретение ею связующей способности битума зависит от скорости ухода из пленки воды.

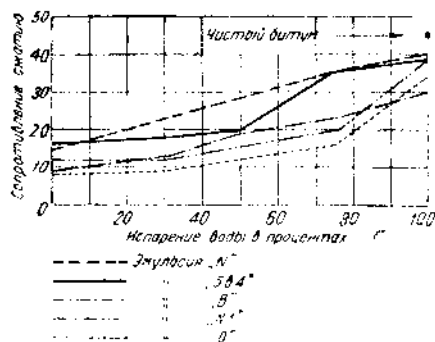
Битумной лабораторией ДОРНИИ¹ была проделана интересная работа над определением степени восстановления связующей способности битумной пленки в зависимости от количества

¹ М. Г. Коновалов, Применение дорожных битумных эмульсий в дорожном строительстве, 1934.

испаряющейся воды по сравнению со связующей способностью чистого битума. Образцы для испытаний изготавливали из смеси каменного материала (фракции 0,5—2 мм) с различными эмульсиями. Количество эмульсий составило 12% от веса каменного материала. Смесь укладывали в формы размерами 3 × 3 × 3 см и уплотняли на прессе при давлении 1320 кг.

Изготовленные кубики подвергались испытанию на сопротивление сжатию без испарения и при испарении из них 30, 50, 75 и 100% воды.

Все эмульсии были получены из одного и того же битума.



Фиг. 32. Зависимость сопротивления образцов сжатию от испарения воды.

Испытания образцов производили на приборе Лубин-Гершля. Полученные данные изображены на графике (Фиг. 32).

Результаты испытаний указывают, что:

1) восстановление связующей способности (увеличение сопротивления сжатию) растет по мере испарения воды;

2) процесс восстановления у эмульсий, полученных из одного и того же битума, но с применением различных эмульгаторов, происходит неодинаково;

3) судя по полученным данным, связующая способность выделившегося из эмульсии битума не восстанавливается полностью до тех же размеров, как у чистого битума, примененного для изготовления эмульсии.

Полученные данные требуют тщательной проверки: возможно, что процесс полного восстановления связующей способности выделившегося битума только несколько «запаздывает» во времени. Восстановление связующей способности наступает не сразу после испарения 100% воды, но по прошествии какого-то промежутка времени, когда частички битума сольются между собой.

* Аналогичные опыты — определение связующей способности битума, выделенного из эмульсии, и битума чистого — произведенные в Центральной лаборатории УНПОССДОРА Моск. обл., показали, что большой разницы в показателях испытаний нет.

Образцы цилиндрической формы 5 × 5 см изготавливались из каменной мелочи размерами 5—1 мм. Эмульсию прибавляли из расчета 4 % битума для булыжника и 5% для известняка. Образцы подвергались испытанию на сопротивление удару на копре Педжа при 20° С (табл. 17).

Таблица 17

Каменный материал	Число ударов		Примечание
	битум	эмульсия	
Известняка	10;8	13;10	Битум в обоих случаях был из одной бочки
Булыжника	13;12	13;8	

Состояние эмульсии есть лишь переходный этап для данного битума, поэтому для приготовления эмульсии должен быть битум, удовлетворяющий дорожным техническим условиям. Из неудовлетворительного битума, как бы ни были совершенны методы получения эмульсии, хорошего вязкого вещества получить нельзя.

При получении эмульсии есть другая опасность, что примененном неудачного эмульгатора, притом в большом количестве, можно ухудшить качество битума. Это ухудшение может идти по двум направлениям: или уменьшения связующей способности битума, выделившегося из эмульсии, или придания битуму, выделившемуся из эмульсии, способности реэмульгирования.

Реэмульгирование может наступить тогда, когда для эмульгирования был взят эмульгатор, легко растворимый в воде, как например, мыло, и притом в большом количестве. Так как при распаде большая часть эмульгатора остается с битумом, то при реэмульгировании битум, выделившийся на каменном материале, под действием воды вновь может перейти в состояние эмульсии. Битумная корочка будет набухать водой, станет рыхлой, примет коричневый цвет и будет вымываться водой из покрытия.

Влияние примененного эмульгатора на реэмульгирование было определено д-ром Троном¹ на следующем опыте. Базальтовый шпалит обрабатывали обычной, содержащей мыло, эмульсией, горячим битумом «Спарамекс» и эмульсией под названием «Дисперсия У», для изготовления которой применялся нерастворимый в воде органический эмульгатор типа гуминовой кислоты.

¹ «Asphalt und Teer», 1932.

После распада эмульсии и выделения битума образцы были подвергнуты действию воды в течение 2 недель.

Образцы, обработанные горячим битумом и эмульсией «Дисперсия X» вели себя одинаково, не показывая какого-либо уменьшения прочности прилипания. Образцы с применением эмульсии на мыле показали себя стойкими к действию воды и обнаруживали значительное уменьшение прочности прилипания к каменному шпалиту.

Подобного рода нежелательные единичные явления были замечены и на наших дорогах, и именно там, где плохой водоотвод например на одном участке с произведенным ямочным ремонтом на Можайском шоссе.

Водный режим дороги имеет очень большое значение для покрытий, построенных с применением битумной эмульсии.

Хотя одним из преимуществ эмульсии является возможность нанесения ее на влажную поверхность, тем не менее длительный доступ грунтовой или атмосферной влаги до того момента, пока из битумной пленки не уйдет вся вода и битумная пленка не сформируется окончательно, приведет к разрыхлению покрытия и уменьшению его связности. Поэтому совершенно необходимо строить дорогу с применением эмульсии с таким расчетом, чтобы до окончания постройки, до наступления осенних дождей, оставалось достаточно теплых, солнечных дней.

Глава VIII

ПРИМЕНЕНИЕ ЭМУЛЬСИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Наряду с применением в дорожном строительстве битума в горячем состоянии в последнее время получил широкое распространение способ применения битума в холодном состоянии или в виде битума, разжиженного каким-либо органическим растворителем, или в виде битумной эмульсии.

По сравнению с применением битума в горячем состоянии применение битумной эмульсии имеет следующие преимущества: отпадает необходимость в громоздком оборудовании котлами для разогрева битума, так как материал доставляется к месту работы в готовом для употребления виде; работу можно производить с влажным каменным материалом в сырую погоду, после дождя (но не во время дождя).

Ошибкой является утверждение, что с помощью эмульсий можно продлить строительный сезон; с эмульсией можно произ-

водить работы не позднее, чем с битумом, т. е. для средних широт — не позднее 15 сентября, но зато в течение строительного сезона уплотняется рабочее время и повышается производительность за счет уменьшения простоев рабочей силы и механизмов из-за дождливой погоды.

Так как битумная эмульсия в виду своей малой вязкости обладает лучшей проницаемостью в покрытие и образует на каменном материале более тонкую пленку, то количество битума при различного вида работах снижается до 40% без ухудшения качества покрытия при условии введения в покрытие большого количества каменной мелочи.

Применение эмульсии в различных дорожных конструкциях (пропитка, метод смешения, асфальтобетон и т. д.) стало возможным лишь с появлением в производстве эмульсий, отличающихся степенью и скоростью распада.

С появлением медленно распадающихся эмульсий стало возможно производство работ по методу смешения, а с появлением эмульсий стабильных стало возможно получение асфальтобетона.

Обязательным условием для производства работ является следующее:

чистота дорожного полотна и каменных материалов, применяемых для работы;

перед постройкой нового покрытия старое покрытие, служащее основанием, должно быть тщательно отремонтировано и приведено в порядок согласно техническим условиям;

хорошая укатка дорожного полотна и засыпка нор расклиновкой перед поливкой эмульсией должны быть произведены для того, чтобы эмульсия в виду своей подвижности не собралась в нижних слоях покрытия за счет обеднения верхних.

Способы применения эмульсий. Битумные эмульсии применяются для следующих видов работ: для ямочного ремонта черных и белых шоссе, улучшения и перестройки имеющихся белых шоссе и для постройки новых дорожных покрытий.

1. Ямочный ремонт. При выбоинах глубиной не более 2 см ремонт производят следующим образом. Выбоины тщательно очищают от грязи, дно смазывают эмульсией и выбоины засыпают распыленной — размерами 5—20 мм, слегка прикатывают легким катком и подливают эмульсией из расчета 2 л на 1 м², затем присыпают мелочью размером частиц 2—10 мм и утрамбовывают.

При более глубоких выбоинах очищенную ямку с подкравывающими краями смазывают эмульсией и закладывают обработанную эмульсией щебнем.

Эту смесь предварительно готовят на железном бoine из 70% щебня крупностью, равной глубине выбоины, и 30% расщебенки размерами от 2 до 20 мм. Эмульсии дается из расчета 50 л на 1 м² щебня. Обработанный щебень укладывают в выбоину немного выше ее краев и укатывают. После укатки поливают эмульсией и присыпают мелочью от 2 до 10 мм или крупным, чистым песком.

Иногда ямочный ремонт производится следующим образом: очищенную выбоину заполняют смесью щебня и расщебенки и поливают эмульсией, плотно утрамбовывают, поливают снова эмульсией и посыпают высевками.

Первый способ обеспечивает лучшую дозировку эмульсии.

Таким же образом производится ямочный ремонт дегтевыми эмульсиями.

2. *Поверхностная обработка.* Перед обработкой все имеющиеся дефекты на старой одежде должны быть отремонтированы, и поверхность дороги должна быть тщательно очищена.

В случае большого содержания пыли, полезно применить поливку жидким дегтем в количестве 0,7—0,9 л на 1 м², что свяжет пыль. После того как политый деготь высохнет, на дорогу наносят эмульсию из расчета 1,5 л на 1 м² и засыпают мелочью от 5 до 20 мм. Если поверхность шоссе очень шероховата, то можно применить расщебенку размером до 30 мм в количестве 10—15 л на 1 м².

После этого одежду укатывают катком и вторично поливают эмульсией по 1½ — 2 л на 1 м², засыпают мелочью от 2 до 10 мм из расчета 7—10 л на 1 м² и закатывают катком. Таким образом производили поверхностную обработку на некоторых дорогах Московской обл.

В литературе указывается еще ряд способов поверхностной обработки, из которых опишем следующие.

Однoчacтнe пoвepxнocтнe oбpaбoткe. Дорожное полотно тщательно очищают от пыли, поливают эмульсией из расчета 2 л на 1 м² и засыпают высевками 5—6 мм слоем в ½ см. Расход высевков — 7 л на 1 м². Укатка не обязательна, однако желательно через сутки укатать ручным или паровым катком. Для получения более прочного слоя через 1—2 месяца производят вторичную поливку с расходом на 1 м² 1—1½ л эмульсии и 7 л высевков. Движение открывают не сразу, а по прошествии 6—12 час.

Вместо того чтобы производить несколько раз поверхностную обработку для получения прочного слоя, можно произвести

одинарную поливку, но более концентрированной и вязкой эмульсией. Если обычные эмульсии связывают не более 10—12 кг. каменного материала, то вязкие концентрированные эмульсии способны удерживать до 40 кг.

В случае устройства поверхностного слоя на старых изношенных шоссе поверхностную обработку делают в несколько слоев. Первую поливку производят из расчета 2 л на 1 м² и тотчас же засыпают 8 л каменной расщебенки 8—22 мм и укатывают катками. На другой день вновь производят поливку тем же количеством эмульсии и засыпку расщебенкой размерами 6—15 мм в количестве 6 л на 1 м² и вторичную укатку.

Этот способ применялся при постройке опытного участка под Ленинградом, но с употреблением более мелкого каменного материала; после первой поливки участок засыпали щебенкой 10—20 мм и после второй — 3—10 мм.

При устройстве дорожных покрытий, в частности поверхностной обработки, чаще применяют способы, основанные на нанесении на дорогу предварительно обработанного эмульсией каменного материала. Это дает возможность получить более правильное соотношение каменного материала и эмульсии и большую плотность покрытия, так как каменный материал содержит в себе фракции различной крупности.

Такой способ обработки заключается в том, что на поверхность дорожного полотна наносит тонким слоем эмульсию; вслед за этим рассыпают смесь, состоящую из 60% расщебенки и 40% крупного песка, обработанную стабильной эмульсией. После испарения воды на дороге получается плотный защитный слой.

Пропитка и полупропитка. На предварительно хорошо очищенном основании рассыпают крупный щебень 30—60 мм слоем 10—13 см и укатывают катком. После того как слой хорошо уплотнен и не будет шевелиться под ногой, производят засыпку каменной мелочью (от 2 до 10—15 мм) пустот нижней части слоя. В некоторых случаях до рассыпки щебня на основание насыпают слой песка крупностью 3—4 мм, который при укатке щебня выступит вверх и заполнит пустоты в щебешном слое.

В обоих случаях заполнение пустот служит для того, чтобы не дать эмульсии стечь вниз на основание.

Первую поливку производят в количестве 4—5 л на 1 м² и засыпают мелочью крупностью от 5 до 20 мм. После укатки вторично поливают из расчета около 4 л на 1 м², немедленно засыпают мелочью 2—10 мм, после чего укатывают тяжелым катком.

Для получения лучшей водонепроницаемости, не раньше чем через несколько дней после поливки производят еще поверхностную обработку. При полупропитке битумом пропитывается только верхний слой щебня.

Щебеночный слой укладывается как обычно, но в процессе укатки производят посыпку песком или мелкой расщебенкой крупностью 5—20 мм. Плотнo укатанный щебень поливают эмульсией из расчета 6 л на 1 м², засыпают высевками (6—8 мм) и укатывают. После укатки поливают эмульсией из расчета 2 л на 1 м², засыпают высевками 3—5 мм и на следующий день укатывают.

Постройка мозаичного шоссе с применением дегтевых эмульсий. Постройку производят следующим образом: на укатанном пакелаже укладывают слой высевок толщиной от 8 до 10 см различных фракций крупностью до 25 мм с возможным минимумом пустот. На этот слой укладывают щебень крупностью 9—11 см. Плотнo укатывают сначала легким, затем тяжелым катком. При укатке высевки выдавливаются вверх в промежутки между отдельными щебенками.

Пасты «Китон» или «Магнок» наносят в виде раствора на покрытие, предварительно засыпанное расщебенкой. Пасту вместе с расщебенкой заметают в поры покрытия, не вполне заполненные снизу.

Устройство покрытий по способу смешения. Покрытие по способу смешения можно производить двойко: или предварительным смешением каменного материала с эмульсией в более или менее сложных смесителях, или прямым смешением на дороге каменного материала с эмульсией. При первом способе предварительно перемешанную смесь в несколько слоев укладывают на дорогу, причем после укладки слоя следует укатка. Крупность материала уменьшается от нижних слоев к верхним. Эмульсии берут около 10% от веса каменного материала. Поверх укатанного готового покрытия производят поверхностную обработку.

По второму способу работа производится следующим образом: основание тщательно очищают и ремонтируют как обычно, для лучшей связи с будущим покрытием его поливают быстро распадающейся эмульсией из расчета 1—1,5 л на 1 м².

Первым слоем на дорогу укладывают крупный щебень, разравнивают, заливают медленно распадающейся эмульсией и перемешивают утюгом, грейдером, ментейнером и т. п.

Нужно следить, чтобы перемешивание не продолжалось слишком долго, так как при этом может быть содрана битумная

пленка со щебенкой. Смесью разравнивают, присыпают мелкими высевками и слегка укатывают. Велен на укатке следует второй разлив эмульсии, но уже быстро распадающейся, после которого покрытие вновь посыпают расщебенкой и укатывают, и третий разлив — в тех же условиях.

Количество эмульсии и каменного материала колеблется в зависимости от толщины покрытия. Эмульсии дается от 5 до 10 л на 1 м².

Наиболее сложным видом работ с применением эмульсии является изготовление асфальтобетона.

Асфальтобетон. Асфальтобетон с применением холодного связующего, каким является битум, переведенный в состояние эмульсии, обладает громадными преимуществами перед горячим асфальтобетоном. При холодном способе не только отпадает потребность в просушке и нагреве каменного материала, что значительно упрощает технологический процесс, но и представляется возможность заготавливать асфальтобетонную массу заблаговременно и укладывать ее в холодном виде.

В Москве в 1932 г. был произведен опыт постройки опытного участка подобного асфальтобетона с применением медленно распадающейся эмульсии. Уложенный участок на Повинском бульваре показал полную возможность получения холодного асфальтобетона. Лучшее всего держался асфальтобетон в полосе движения грузового и легкового автотранспорта. Вблизи к лоткам, по линии проезда конного транспорта, участок довольно скоро разрушился.

Обработка грунтовой дороги битумной эмульсией. Интересный опыт обработки грунтовой дороги эмульсией был проведен в 1934 г. английским инженером Борда. Верхний слой грунта, мощностью в 75 см, представлял собой тяжелый суглинок с примесью 25% гальки. Ширина дороги — 6 м, причем обработке подвергали сначала одну, затем другую сторону дороги полосами по 3 м.

Выровненная поверхность дороги была подготовлена к обработке дисковой борошей.

Эмульсию разливали под давлением из механического распределителя из расчета 5,5 л на 1 м².

Эмульсию разливали в несколько приемов, причем для первой поливки эмульсию разбавляли равным количеством воды, а при 2-ом, 3-ем и 4-ом разливах эмульсию разбавляли водой в отношении 2 : 1.

Для перемешивания грунта были испробованы дисковая

борона, грейдер и зубчатая борона. Последняя оказалась наиболее подходящим агрегатом для перемешивания тяжелого влажного грунта, но все же и она не дала вполне удовлетворительных результатов; лучшие результаты могут быть получены при применении пружинной бороны.

По окончании перемешивания в течение двух солнечных дней дорога настолько просохла, что стало возможным произвести укатку.

Сначала середина дороги была разрыхлена зубчатой бороной, чтобы улучшить стык между объемами половинками дороги, и затем дорога была укатана двухтонным катком. Через месяц дорога была гладкой и ровной. Для окончательной отделки была произведена поверхностная обработка следующим образом: эмульсию разливали два раза из расчета 1,35 л на 1 м². После первой поливки был рассыпан слой каменной мелочи размером 19 мм в количестве 15 кг на 1 м² и после второй — в количестве 10 кг на 1 м².

Каждый слой в отдельности подвергали укатке десятитонным катком. Завершенная дорога не отличалась по внешнему виду от обычной черной щебеночной дороги.

Получение асфальтовых плиток. Одним из интересных опытов новых способов устройства покрытий является применение комбинированных асфальтовых плиток для мощения.

Комбинированная плитка состоит из верхнего асфальтового и нижнего цементно-бетонного слоя.

Верхний асфальтовый слой изготавливается с применением эмульсии, толщина его 1,5—2 см, толщина бетонного слоя — 2,5 см.

Плитки изготавливались прессованием на ударном прессе; уплотнение должно быть равномерным и достаточным, чтобы в асфальтобетоне не оставалось пустот. Прочность плитки зависит от степени соединения обоих материалов между собой.

Подобными плитками можно покрывать мостовые, тротуары, мосты и т. д. Большим удобством является то, что покрытия, равно как и плитки, можно изготавливать в любое время года, когда постройка обычных асфальтобетонных дорог невозможна.

Применение эмульсий для заливки швов брусчатой мостовой, клинфлястера и клинкера. Для заливки швов эмульсию применяют в смеси с песком. Смесью заливают каждый шов в отдельности, или, в случае клинфлястера, смесь распределяется по мостовой и в швы разматывается метлами.

В Москве был применен способ заливки эмульсионной швов клинкерной мостовой (Пушечная ул.).

Эмульсия распределялась из гудронатора и заполняла швы. После разлива эмульсия была засыпана песком, который в швах, объединяясь с находящейся там эмульсией, давал прочное сцепление клинкерных кирпичей.

Получившаяся на поверхности тонкая пленка битумена и песка в скором времени сползала.

Обесмысливание. Для обесмысливания может быть применена эмульсия с содержанием в ней от 5 до 1,25% битума.

Поливку следует производить до 10—12 раз в сезон, расходуя каждый раз по 1 л эмульсии на 1 м².

Применение битумных эмульсий на дорогах Московской области. За период 1931—1934 гг. было изготовлено и применено эмульсий: в 1931 г. — 360 т на пропитке, поверхностной обработке и ремонте; в 1932 г. — 390 т, из которых 140 т были применены в Москве для поверхностной обработки асфальтобетонных покрытий и частью для постройки новых (например устройство покрытия на заводском дворе завода «Серп и молот»).

Остальные 250 т были применены на подмосковных дорогах.

В 1933 г. было изготовлено 676 т и в 1934 г. — 407 т и применены на подмосковных шоссе.

Краткий обзор произведенных работ

1. **Ленинградское шоссе** — опытный участок обработан по методу проникания с применением шлакового щебня постройки 1932 г. До осени 1935 г. участок находился в прекрасном состоянии, требуя лишь легкой поверхностной обработки.

На дорогах, идущих в сторону от Ленинградского шоссе (Куркинское, Льяловское, Сходненское, Черногорязинское и Химкинский подъезд) в 1934 г. произведен черный ремонт белого шоссе, причем состояние ремонта на 1935 г. удовлетворительное.

На Машинском шоссе, идущем тоже в сторону от Ленинградского, поверхностная обработка находится в удовлетворительном состоянии.

2. **Можайское шоссе.** В течение 1931—1933 гг. были произведены ямочный ремонт и поверхностная обработка, начиная с 7-го по 36-й км от Москвы (с перерывами). В 1934 г. шоссе было

покрыто асфальтобетоном, который закрыл частично участки с эмульсией, а с другой стороны часть участков была повреждена лущинами.

3. *Ярославское шоссе.* В 1931—1933 гг. была произведена поверхностная обработка с 19-го по 27-й и с 35 по 39-й км (с перерывами). В настоящее время судить о состоянии обработки участка с 19-го по 27-й км нельзя, так как он был в 1934 г. покрыт асфальтобетоном.

На участке с 35-го по 39-й км покрытие разрушается и требует ремонта.

4. *Рязанское шоссе.* В 1932 г. был произведен ямочный ремонт с 13-го по 21-й км на площади 1.100 м². В настоящее время закрыт асфальтобетоном.

5. *Серпуховское шоссе.* В 1931 г. произведены полупропитка и поверхностная обработка. После осмотра участка поверхностной обработки через 1 год участок был признан сравнительно удовлетворительным, но нуждающимся в ремонте.

Участок, где была произведена полупропитка, был в удовлетворительном состоянии. В настоящее время закрыт асфальтобетоном.

6. *Подольск.* Улучшение булыжной мостовой в 1931 г. Это была одна из первых опытных работ с применением эмульсии. В 1932 г. покрытие нуждалось в поверхностной обработке, появились мелкие выбоины и замечена плохая связь с основанием. В настоящее время закрыта новым покрытием.

7. *Волоколамское шоссе.* На участке с 18-го по 20-й км производили пропитку в 1933 г. В 1935 г. потребовалась облегченная пропитка в виду появления ямок на левой стороне дороги.

8. *Каширское шоссе.* В 1934 г. произведена поверхностная обработка с 2-го по 13-й км с перерывами. В 1935 г. покрытие в неудовлетворительном состоянии.

Анализ данных о неудовлетворительном состоянии построенных участков показывает, что в большинстве случаев причиной быстрого разрушения было или употребление затренированного гравия, или каменной мелочи (как на Каширском шоссе и в г. Подольске), или плохо укатан шпелюющий слой (как на Волоколамском шоссе).

Интересной особенностью ямочного ремонта белого шоссе с применением эмульсии, какой был произведен на Химкинском, Льяловском, Куркинском и других шоссе, является то, что черные заплатки держатся хорошо, но около них, по краям заделанной выбоины, выбивается щебенка белого шоссе; очевидно, что

в месте соединения двух неодинаково воспринимающих нагрузку покрытий происходит разрушение слабейшего.

Возражения против применения эмульсий. Противники применения эмульсий, предпочитающие ей горячий битум (как например, английский инженер Лорраньяга) находят в эмульсии много недостатков, которые при ближайшем рассмотрении оказываются недостаточно убедительными.¹

Так, Лорраньяга считает, что удобства применения эмульсии на сырую поверхность не существует, так как перед поливкой эмульсией нужна тщательная очистка дорожного полотна, которая может быть достигнута лишь при сухом полотне, а влага якобы мешает очистке. Это возражение нельзя считать серьезным потому, что известно, что очистку даже рекомендуют производить струей воды, увлекающей с собой пыль и грязь.

Применение в дождливую погоду эмульсий тоже, по мнению Лорраньяга, не достигает цели, так как дождь смывает эмульсию. По нашему опыту мы знаем, что повредить эмульсию и смыть ее с полотна может лишь дождь значительной силы, идущий во время производства работы, но в такой дождь работы на дорожке производятся. Дождь, прошедший через несколько часов, уже не опасен и он отразится лишь на скорости формирования битумной пленки.

Утверждение о возможности при пользовании эмульсией применять простейшее оборудование в виде бочки и щетки Лорраньяга считает прикрытием боязни сторонников эмульсии применять механизмы в виде автогудронатора, так как, если обращаться с эмульсией как с горячим битумом, эмульсия распадается в насосах и трубопроводах распределителя.

Опыт применения эмульсии в Москве и Ленинграде показал, что эти возражения не отражают действительности. Большая часть эмульсии была именно распределена автогудронатором и без всякого распада эмульсии.

Относительно 30—40%-ной экономии в расходе битума при применении его в виде эмульсии по сравнению с расходом битума, примененного в горячем виде, Лорраньяга говорит: «Оттого, что битум взбит с водой в творожистую массу, он не может приобрести способности нести двойную нагрузку» — и приводит пример с шат-асфальтом. Но ведь экономия битума проявляется в покрытиях, построенных по методу проливания, смешивания,

¹ См. журнал «Дорога и автомобиль» № 10, 1932.

поверхностной обработки, а не в покрытиях типа асфальтобетона, где битума дается возможный минимум.

Наконец, самый серьезный недостаток эмульсии инж. Лораньяга видит в том, что битум, выделяющийся из эмульсии, не имеет связующих свойств и подобен рыхлому творогу.

При описании процессов, происходящих при распаде эмульсии, мы указывали, что выделившийся битум при превращении своем в связующую битумную пленку проходит стадию рыхлой пористой губки, и проходит ее тем скорее, чем более теплой и солнечная погода стоит во время процесса работы.

В том, что битум приобретает вновь связующие свойства, убеждают нас все произведенные до сего времени работы с применением эмульсии.

Постройка и эксплуатация покрытий. Производственники-строители видят и в постройке и в эксплуатации дорог, построенных с применением эмульсии, ряд преимуществ и находят, что покрытия, построенные с применением эмульсий, требуют за собой меньше ухода, чем участки с применением горячего битума, на которых в жаркое время года выступают жаркие пятна битума.

При мелком ямочном ремонте применение эмульсий чрезвычайно упрощает и облегчает работу эксплуатационных участков.

Из практических замечаний, вынесенных автором при наблюдении за производством ямочного ремонта, можно отметить следующее: если черный щебень для ремонта готовится с применением быстро распадающейся эмульсии, как это имело место в сезоне 1933 г. и в частности на Ленинградском шоссе, то метод перелопачивания щебня с эмульсией, какой принят в настоящее время, неудовлетворителен. При перелопачивании легко отдирается от щебня тонкая битумная корочка, поэтому щебень плохо обволакивается и имеет пестрый вид. Было бы интересно в таких случаях получать черный щебень посредством погружения в бачок с эмульсией ситчатого ковша со щебнем. При этом не было бы опасности отдиранья корочки битума.

Вязкость эмульсии. Вязкость эмульсии должна лежать в определенных пределах. Маловязкая эмульсия легко стекает по обочине и проникает на основание. Очень вязкая эмульсия с трудом проникает в глубь коры и не обеспечивает хорошего сцепления щебенки. Нормальная вязкость эмульсии лежит в пределах $2-6^{\circ}$ Э при истечении 50 см² при 25°C на прибор Энглера.

Если вязкость и плотность эмульсии зависят не от излишнего количества битума, то простым размешиванием веслом ее легко

сделать жиже. С вязкостью эмульсии непосредственно связано количество битума, которое оседет в покрытии и свяжет отдельные щебенки; хотя по сравнению с горячим способом применения битума при употреблении эмульсии битума расходуется меньше, но чрезмерное его уменьшение ведет к разрушению покрытия. Это подтверждается результатами анализов образцов покрытия, взятых с улицы Подольска и с Рязанского шоссе. В образцах было определено процентное содержание битума. Оказалось, что в образцах разрушившегося покрытия (пропитка) содержалось 1,75 и 2,82% битума (Подольск); образцы, находящиеся в удовлетворительном состоянии, содержали 4,02% битума (Подольск) и 3,26% битума (Рязанское шоссе).

Закрепление движения. Новое построенное покрытие должно быть закрыто для движения на зависящий от погоды срок для того, чтобы обеспечить формирование битумной пленки. Чем жарче погода, тем короче срок, но все же не менее суток.

Если покрытие было построено осенью и вслед за постройкой начался дождливый период, то процесс формирования дороги чрезвычайно замедляется, и при усиленном движении покрытие растрескивается в большей или меньшей степени.

Хранение эмульсии на месте работ. Эмульсия на месте работ может храниться в бочках под навесом, или в цементных, металлических, кирпичных хранилищах, снабженных крышками для предохранения от дождя, пыли, мусора и т. д. Перед употреблением в дело эмульсию необходимо перемешать веслом, чтобы придать ей однородную консистенцию.

Глава IX

ПРИМЕНЕНИЕ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

*Применение битумных эмульсий в производстве пластических масс.*¹ Обычный способ изготовления битумных пластмасс состоит в пропитке наполнителя горячим битумом; этот способ имеет ряд следующих неудобств: неравномерная пропитка, длительное перемиривание и т. д. По сравнению с горячим способом холодный способ пропитки наполнителя битумной эмульсией отличается преимуществами и дает возмож-

¹ Сведения взяты из журнала «Пластические массы» № 1—4 за 1934 г., статья Э. И. Барга, «Техническое применение битумных эмульсий» и Э. И. Барга и Садинова, «Применение водных дисперсий, смол и вяжущих веществ в производстве пластических масс».

ность смешения наполнителя с битумами, пеками и варами любой консистенции. Таким путем можно изготовить аккумуляторные баки, кабельные соединительные муфты, канализационные трубы на асбестовой и бумажной основе.

Институт пластических масс выработал рецептуру эмульсий для битумов различных консистенций и различных точек плавления — от высоко- до низкоплавких.

Вторым интересным методом получения пластических изделий с применением эмульсий является холодная отливка в гипсовых формах смеси битумных эмульсий с глиной или каолином. После отдачи части воды сформированное изделие сушится на воздухе, а затем в сушильном шкафу при различных температурах.

Этот метод изготовления пластических изделий можно применять при получении изделий, к которым не предъявляются требования большой механической прочности (учебные наглядные пособия и т. п.).

Водоизоляционные картоны. Битумные эмульсии нашли широкое применение в бумажной промышленности при получении водоизоляционных картонов.¹

Изготовление такого картона может идти двумя путями.

1. Битумные эмульсии загружают непосредственно в роллаппараты, где производится размельчение бумажного волокна, и там перемешиваются с картонной массой. После перемешивания битум закрепляется на волокне фиксажем.

Из ролла масса поступает на сетки, прессы и т. д., точно так же как и при изготовлении обычного картона. Битуминизированный картон не пачкает оборудования. Сушка картона производится при несколько большей, чем обычно, температуре (примерно при 85—90°C) для того, чтобы битум расплавился и полностью пропитал картон. Такой картон имеет коке- или каучукоподобный вид. Битума содержится около 20—30% на вес сухого волокна.

2. Иногда практикуется проклейка отдельных слоев картона битумной эмульсией.

Битуминизированные картоны применяются в производстве оберточной, мелочной и гофрированной тары для гигроскопических веществ; в строительной промышленности в качестве изоляционных картонов, толи и рубероида; в автопромышленности при изготовлении кузовов; в кожевенной промышленности

¹ «Бумажная промышленность» № 4, 8 и 12 за 1934 г.

для получения так называемого кожкартона (каблучного картона) и триничного картона для задников, а так же для получения ткашево-вискозного кожзамениителя.

Для получения картонов применялись эмульсии, приготовленные из каолина, эмульсии с каолином и гарпигусом и эмульсии с применением в качестве эмульгатора нефтяных мыл.

Сельское хозяйство. Если применение эмульсий в производстве водонепроницаемых картонов имеет перед собой большое будущее, то совершенно неограниченные перспективы и возможности таит в себе применение эмульсий в сельском хозяйстве.

Работами Физико-агрономического института, руководимого акад. А. Ф. Иоффе, впервые в СССР поставлен вопрос о широком использовании битумных эмульсий в сельском хозяйстве.

Занимаясь вопросами регулирования температурного и водного режима почвы, Институт выдвинул новый метод активного воздействия на тепло и влагу в почве покрытием ее поверхности пленкой битума, полученной распылением битумной эмульсии.

Произведенные в лабораторных и в полевых условиях исследовательские работы дали следующие положительные результаты:¹

- 1) благодаря черной окраске повышается температура почвы;
- 2) пленка, легко пропуская через себя дождевую воду, затрудняет ее испарение из почвы;
- 3) покрытие почвы пленкой можно применить при сплошных посевах (лен, пшеница и т. д.);
- 4) пленка цементирует поверхностный слой почвы, что особенно важно для песчаных районов;
- 5) пленка предохраняет поверхностные частицы почвы от смыва дождевыми потоками (в особенности на склонах);
- 6) покрывая битумной пленкой почву или отдельные части растений, можно предохранить растение от вредителей и разного рода плесеней.

В настоящее время намечаются следующие возможности практического применения битумных эмульсий.

1. Применение битумной пленки будет способствовать продвижению земледелия на север. Опытные поля, заложенные под

¹ Работы производил старший научный сотрудник Института Н. Н. Башаевский, который любезно предоставил в наше распоряжение все приводимые ниже сведения. Кроме того, сведения по этому вопросу можно найти в книге Н. Н. Башаевского и Н. Г. Захарова, «Новый способ закрепления движущихся песков», 1935 г. и в журнале «Наука и жизнь» № 3, 1935 г. статья Р. Я. Аббаса, «Новые плоды пустынь».

Ленинградом, запятые овсом и льном, показали, что температура покрытой битумной пленкой почвы днем, в солнечную погоду на глубине заделки семян (2,5 см) повышается на 10°C , в пасмурные — на $5\text{--}6^{\circ}\text{C}$; на глубине 5 см соответственно повышается на 6 и 3°C . Таким образом укорачивается вегетационный период растений и повышается их урожайность.

2. Битумную пленку пытаются применить для предохранения откосов осушительных каналов от размыва атмосферными водами. Здесь пленка поможет скорейшему задержанию откоса, так как высеянные по откосу семена, прикрытые пленкой, не смываются водой. В условиях влажных субтропиков битумная пленка будет способствовать уменьшению смыла тропическими ливнями поверхностных, наиболее плодородных частиц почвы.

3. Институт поставил интересные опыты в Челкаре (Казахстан) и в Репетеке (Кара-Кумы) над закреплением движущихся песков с помощью битумной пленки.

Большим препятствием в сельскохозяйственном освоении полупустынных песчаных районов, как например, пески Кара-Кума, Кизил-Кума, Большие Барсуки и т. д., являются движущиеся пески, переносимые господствующими там ветрами. При передвижении песка происходят выдувание и занос посевов и механическое повреждение растений.

Метод цементации движущихся песков, выработанный Институтом, заключается в следующем: на песок пульверизируется тонким слоем битумная эмульсия; после распада эмульсии битум склеивает между собой отдельные зернышки песка.

Для опыта брали эмульсию с содержанием битума около 50% и перед употреблением разводили ее водой примерно в 15 раз. В переводе на чистый битум — на 1 м^2 приходилось 115 г битума. Эмульсию разбрызгивали из садового опрыскивателя под давлением в 3—4 атм. Получившаяся пленка оказалась настолько прочной, что ураганный ветер и сильный дождь не нанесли ей никаких повреждений, в то же время пленка пропускала дождевую воду и ростки высеянных под нею растений.

Битумная пленка значительно изменяет водный и тепловой режим почвы; так, температура почвы под пленкой днем несколько ниже, а ночью выше; испарение влаги замедляется, и влажность почвы под пленкой больше, чем на контрольных участках.

Высеянные под пленку растения дали дружный рост и хороший урожай, в то время как сев без пленки не дал созревания урожая.

Необходимо отметить, что в случае песков тепловой режим складывается несколько иначе, чем на других почвах. Несмотря на черный цвет, температура под пленкой на глубине до 5 см ниже, чем на открытой почве (без пленки). На поверхности разница доходит до 9°C , а на глубине 5 см — до 5°C , что очень важно в условиях полупустынь и пустынь, где растения в особенности страдают от перегрева поверхности почвы. При анализе изменений температуры почвы, покрытой пленкой и открытой без пленки, выясняется, что амплитуда суточных колебаний температуры почвы, закрытой пленкой, меньше на 3°C амплитуды колебаний почвы открытой, т. е. днем пленка охлаждает почву, а ночью согревает ее.

4. Битумная пленка может быть использована для защиты растений от вредителей и болезней.

Таким образом выявилась необходимость изучать применение битумных эмульсий в широком масштабе. Прежде всего это касается песчанопустынных районов и субтропиков. Но уже по тому, что достигнуто, можно с уверенностью сказать, что в освоении пустынных районов нашего Союза битумной эмульсии предостойт большое будущее.

Другой путь применения эмульсии в сельском хозяйстве — это получение битумированной бумаги, так называемой мульч-бумаги. Мульчирование или покрытие битумированным картоном почвы в садах и огородах широко распространено в Америке и, так же как и битумная пленка (в опытах Физико-агрономического института), улучшает водный и тепловой режим почвы и повышает урожай до 50% , а в некоторых случаях и больше.

Мульчирование давно вышло из стадии опытов и распространено в широких масштабах; так, на острове Гавайи¹ мульч-бумагой были покрыты плантации ананасов на площади 12 150 га. Урожай возрос на 25—55%.

Укрепление песков. Способность полученной из эмульсии битумной пленки цементировать пески и укреплять растительность навела на мысль применить эмульсии для укрепления песков полосы отчуждения среднеазиатских железных дорог, где заносы песком полотно придают характер стихийного бедствия. По данным Приаральской станции песок, навывающийся на пленку с соседних участков, при изменении силы ветра или его направления быстро сдувался.

¹ Абрагам, «Асфальт и другие битумы» изд. ОНТИ НКТП, 1934, стр. 430.

Закрепление песков, соединенное с облегченным задерживанием почвы, безусловно явилось бы хорошим способом борьбы с песчаными заносами.

Применение эмульсии как битумного красящего вещества. Для предохранения старой железной крыши от ржавления и течи на Эмульсионной базе крыша была обработана битумной эмульсией самым примитивным образом. Результаты оказались чрезвычайно хорошими — все протекавшие и проржавевшие листы железа затащились пленкой битума и перестали течь. С течением времени крыша покрылась пылью с дороги и получившаяся на крыше серая пленочка в течение трех лет вполне заменила масляную краску. Этот опыт был повторен еще в двух случаях со старыми, ржавыми крышами и оба раза с одинаковым успехом.

Впоследствии возможность окраски битумной эмульсией железных поверхностей была проверена в лаборатории треста «Малпрестрой». Битумную эмульсию наносили с помощью револьверного разбрызгивателя на железный лист под давлением. Испытания показали принципиальную возможность использования эмульсий для окраски крыш.

Глава X

КАКИМ ДОЛЖЕН БЫТЬ ЗАВОД ДОРОЖНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Основные требования. При проектировании новых эмульсионных заводов можно руководствоваться двумя положениями: можно строить большое число мелких производственных баз с небольшим радиусом обслуживания, а также соответственно небольшое число крупных механизированных заводов со значительным районом обслуживания.

В первом случае значительно снизятся расходы на перевозку эмульсии к месту потребления, но, как это всегда бывает в мелких производствах, стоимость ее изготовления может возрасти.

В последнее время в практике дорожного строительства Германии появились маленькие передвижные базы на колесах, состоящие из битумного и водяного котлов и собственно эмульсионной установки. При помощи гибких шлангов, прикрепленных к эмульсионной установке, получаемая эмульсия (фиг. 33) разбрызгивается на дорогу. Такая передвижная база изготовляет эмульсию там, где в ней есть потребность. При этом нужно лишь точно установить следующее: поскольку одним из поло-

жизельных качеств эмульсии является возможность применения ее в холодном виде, есть ли смысл изготовлять эмульсию на дороге и разливать ее горячей с температурой 90—95 °С? Не проще ли нагреть один битум и разлить его на дорогу, не вводя в него предварительно воду плюс какой-то эмульгатор. Безусловно такого рода передвижные установки могут быть успешно использованы при применении эмульсии в других областях, например в сельском хозяйстве, для укрепления движущихся песков и т. д.

Для успешного продвижения дорожных эмульсий необходимо, чтобы качество дорожного полотна, построенного с применением эмульсии, было не хуже качества покрытия, построенного с применением других битумных материалов, и стоимо-



Фиг. 33. Передвижная эмульсионная установка.

мость эмульсии была меньше или во всяком случае не выше стоимости последних. Наиболее дешевой эмульсия будет в том случае, если производство ее будет сконцентрировано в центре района потребления и максимально механизировано. Чтобы расширить границы района потребления эмульсии за счет удешевления транспорта ее до места работ, необходимо, чтобы эмульсия была максимально удобной для транспортирования, т. е. концентрированной, чтобы разбавлением ее водой на месте работ можно было довести до нужного процентного содержания в ней битума.

Прикрепление к заводу парка гидронаторов также должно дать значительное снижение стоимости работ, так как обычно при горячем способе работ гидронаторы используются далеко не полностью вследствие невозможности предоставить достаточный фронт работ. При работе на эмульсии с прикреплением гидронаторов к заводу гидронаторы простоя не будут и стоимость эксплуатации их будет на единицу продукции (1 м² дорожного полотна) ложиться гораздо меньшей суммой, чем при горячем способе работ.

Оборудование завода должно включать в себя: вполне благоустроенную контрольную лабораторию; оборудование и хранилища для приема битума наливом в цистернах; энергетическую базу; водоснабжение от постоянного источника снабжения, аппаратуру для безогневого нагрева битума и растворов эмульгаторов при изготовлении из них эмульсий; самые эмульсионные

установки; достаточной емкости хранилища для хранения готовой продукции и тарную мастерскую.

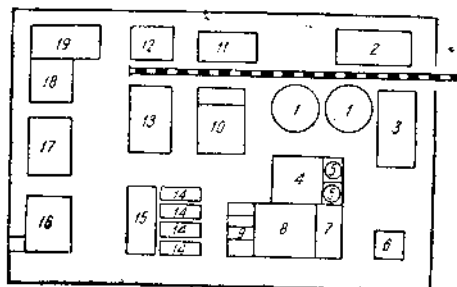
Оборудование завода должно быть расположено в такой последовательности, чтобы производство имело применительный характер (фиг. 34).

Контрольная лаборатория должна быть оборудована таким образом, чтобы в ней можно было производить не только контроль сырья и продукции, но и разрабатывать новые рецептуры и вести исследовательскую работу над получением эмульсий и их применением.

Оборудование и хранилища для приема битума.

Прием привозимого в железнодорожных цистернах битума должен совершаться таким образом, чтобы за время хранения битума до момента использования он не подвергался загрязнению и не изменил своих свойств.

Слив самотеком одной 25-тонной цистерны битума, разогретого до температуры около 125°C , занимает около $1\frac{1}{2}$ —2 час. Следовательно, на разогрев цистерны можно расходовать 2— $2\frac{1}{2}$ часа. При этом источник тепла для разогрева цистерны должен быть такой мощности, чтобы продолжительность разогрева могла уложиться в отведенный интервал времени. Обращаясь на наших железных дорогах тип цистерны позволяет применять для обогрева только пар или нагретое масло. Так как слив битума можно начать уже при температуре его около 100°C , то этим необходимо воспользоваться, начав слив как только



Фиг. 34. Схема эмульсионного завода.

1 — битумохранилища, 2 — сливная площадка для брагованного битума, 3 — склад сырья, 4 — отделение для нагрева битума и раствора эмульгатора, 5 — запасные баки для раствора эмульгатора, 6 — трансформатор, 7 — лаборатория, 8 — эмульсионное отделение, 9 — приемные резервуары для эмульсии, 10 — тепловое хозяйство, 11 — склад топлива, 12 — склад тары, 13 — склад эмульсии в таре, 14 — запасные резервуары для эмульсии, 15 — разливочное отделение для тарной эмульсии, 16 — контора, 17 — гараж, 18 — подсобные производственные помещения, 19 — мастерская для тары.

температура битума дойдет до 100°C . и продолжать нагрев во все время слива битума с таким расчетом, чтобы температура последних порций битума достигла 150°C . Это обстоятельство позволит совершенно опорожнить цистерну от всяких остатков битума.

Ускорению слива в значительной степени может содействовать наличие компрессорной установки. При этом битум, находясь под давлением больше атмосферного, будет выходить с гораздо большей скоростью, чем при свободном сливе. Наличие подобного оборудования должно также разрешить проблему подачи битума в хранилища, расположенные выше железнодорожных цистерн.

При приеме битума в хранилища, расположенные ниже патрубка цистерны, слив может производиться по открытым жолобам, но при этом желательно, чтобы жолоба эти были металлическими с двойными стенками и промежуток между ними обогревался.

Наилучшим типом насоса для перекачки битума являются насосы ротационные, шестеренчатые или центробежные, обогреваемые паровой рубашкой или электрической обогревательной обмоткой.

Сохранение битума от загрязнения до момента его пуска в дело имеет особенное значение в производстве эмульсии, так как позволяет сохранить битумопроводы от закупорки, оборудования для нагрева битума перед переработкой — от отложения грязи, машин для производства эмульсии — от преждевременного износа их рабочих поверхностей. Практика работы с загрязненными битумами на гомогенизаторе Гурреля показала, что за время выработки только 1000 т эмульсии гомогенизатор пришел в такое состояние, что нуждался в капитальном ремонте, несмотря на принятые в свое время меры для отстаивания и процеживания битума. При работе гомогенизатора на незагрязненном битуме признаки износа гомогенизирующих поверхностей должны появляться после выработки около 10 000 т, а износу и ремонту подвергаться только ходовые части.

Сохранение битума от загрязнения возможно только в хранилищах закрытого типа. Хранение битума в открытых хранилищах в виде площадок («карт») и разного вида закровов недопустимо для битумов, предназначенных для производства эмульсий.

Практика перевозки в горячем виде с мест производства в цистернах емкостью в 25 и 50 т, наполняемых битумом при

температурах, близких 200°C , находящихся в пути 15—20 дней и постепенно теряющих эту температуру до $50\text{--}70^{\circ}\text{C}$, показывает, что в течение этого времени битумы претерпевают какие-то изменения в сторону повышения их твердости.

Существует взгляд, что целесообразно хранить большие массы битума в горячем состоянии в течение продолжительного времени в хорошо изолированных хранилищах с целью сэкономить тепловую энергию, необходимую для приведения и поддержания битума в удободвижном состоянии для технологических процессов. Однако известно, что в Америке хранение битума производится в наземных металлических неизолированных резервуарах. На сохранение тепла в битуме здесь, повидимому, при этом внимания не обращается, битум сравнительно быстро теряет свою высокую температуру и, следовательно, вопрос об изменении битумом качеств не возникает.

В Советском союзе битумохранилища строят каменными, подземного типа, которые должны прекрасно сохранять температуру, однако изменение битумом своих свойств все же может иметь место.

Битумохранилища обычно устраивают емкостью на несколько сот тонн; обычно им придают форму невысокого цилиндра высотой в 2—3 раза менее диаметра. Для опорожнения от битума хранилища снабжаются приспособлениями для разогрева битума и насосной установкой. Оборудование для разогрева представляет собой систему змеевиков, расположенных либо по всему дну хранилища, либо сконцентрированных в средней части дна (фиг. 35а и б).

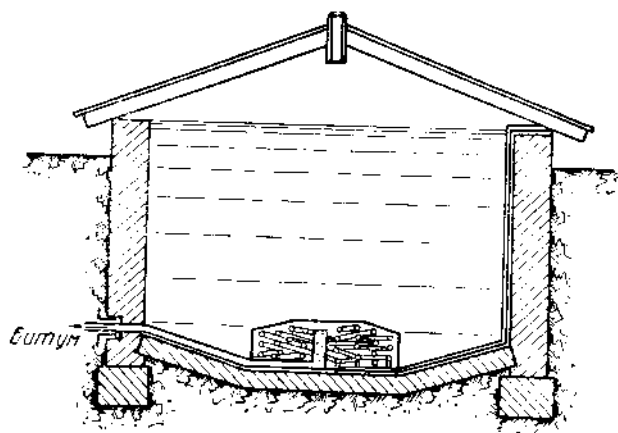
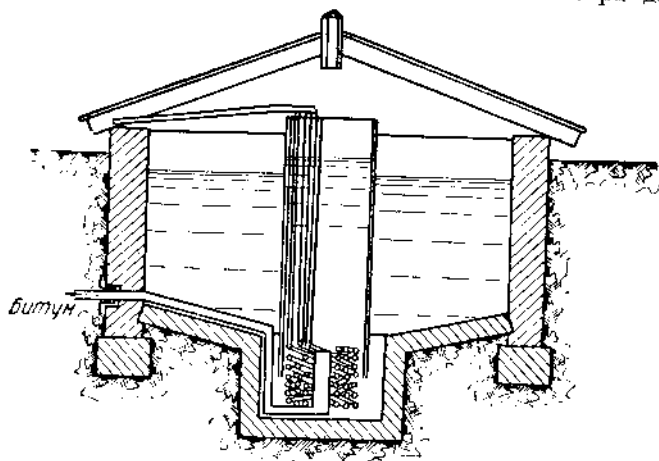
В первом случае змеевики (фиг. 35а) помещены в углубление на дне хранилища и окружены металлическим цилиндром. При этом внутри цилиндра концентрируется разогретый битум, откуда его по мере надобности откачивают, а взамен откачанного притекают свежие порции неразогретого битума.

Иногда битумохранилища такого типа снабжаются дополнительными змеевиками, расположенными в один ряд по всему дну, для облегчения притока битума к центральной части. Змеевики делают из железных труб диаметром 50 мм.

Битумохранилища старого типа (фиг. 35б) (советской конструкции) снабжены змеевиками, сконцентрированными в средней части, но помещенными в специальный железный кожух, имеющий целью удерживать разогреваемую порцию битума на месте до момента откачки.

Битумохранилища обоих типов снабжены трубой для откачки

битума. Для предохранения этой трубы и всех других битумо-проводов от закупоривания застывшим битумом внутри битумо-проводов прокладывается трубка меньшего диаметра для обо-



Фиг. 35а и б. Битумохранилища.

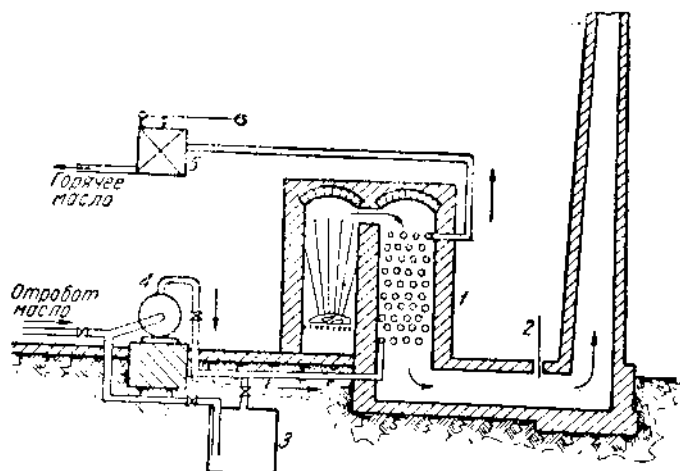
гревания их пропускаемым через трубку паром или горячим маслом.

Для откачки битума битумохранилище должно быть снабжено обогреваемым насосом (желательно коловратного или ше-

стереччатого типа). Насосы эти должны быть расположены на уровне дна так, чтобы битум поступал в них самотеком.

Нагрев материалов. Для обогрева установок эмульсионного завода может применяться пар или нагретое масло.

Паровое хозяйство сравнительно несложно по своему устройству, но не всегда может дать достаточный температурный интервал между высшей требующейся температурой рабочего процесса и температурой пара. Так, при изготовлении эмульсии



Фиг. 36. Схема масляной нагревательной установки.

1 — печь 'трубчатка' для нагрева масла. 2 — заслонка в дымоходе, 3 — бак для охлаждения трубочки от масла при авариях, 4 — центробежный насос для циркуляции масла, 5 — предохранительный клапан и эвaporатор для удаления летучих фракций нагретого масла.

желательно, чтобы температура битума была около 170°C и температурный интервал около 40°C . Следовательно, насыщенный пар должен иметь температуру около 210°C , чему соответствует давление пара в котле около 20 атм.

Для получения необходимых высоких температур целесообразнее применять нагретое масло. Как показывает практика Первомайского асфальтового завода, выгодно весь технологический процесс построить на применении горячего минерального масла, нагреваемого до 270°C . Отработавшее масло возвращается к нагревательной трубчатой печи с температурой около 140°C . Здесь всегда имеется достаточный интервал между температу

рой масла п температурой битума. Нагревательная система отличается простотой устройства и работает под давлением в 2—3 атм (фиг. 36).

Эмульсионные установки. Важнейшей составной частью и основой производства эмульсии являются самые эмульсионные установки всевозможных систем и видов, часть которых описана в предыдущих главах. Насколько выяснилось из опыта изготовления эмульсий, самым производительным и притом дающим хорошего качества продукцию является гомогенизатор системы Гурреля, дающий около 1 т продукции в час.

В состав эмульсионной установки Гурреля входит лопастная мешалка, задачей которой является приготовление раствора эмульгатора.

На каждый гомогенизатор требуется не менее двух приемных резервуаров для эмульсии, каждый емкостью на полемени работы. Вызывается это необходимостью иметь возможность контролировать качество продукции, прежде чем переливать в запасные хранилища.

Приемные резервуары должны быть непроницаемыми для грунтовых вод. Так как резервуары целиком расположены в земле, то самым лучшим для них материалом будет бетонная или кирпичная кладка.

Запасные резервуары могут быть подземными, надземными, причем важно, чтобы они были предохранены от действия низких температур (заморозков) ранней весной или зимой при круглогодичном производстве работ.

При заводе обязательно должна быть тарная мастерская. Помимо ремонта поступающей тары в задачу ее входят опробование тары при приемке от потребителей, промывка тары перед употреблением в дело и освобождение тары от осадков битума, если данная тара была уже в обороте несколько раз.

В виду того, что производство дорожных эмульсий считается огнеопасным, производственные помещения должны быть огнеустойчивыми. Кроме того они должны быть такой конструкции и из таких материалов, которые давали бы достаточную гарантию стойкости против разрушающих процессов, сопутствующих производству. Такими в производстве дорожных эмульсий являются обильные испарения, могущие повлечь за собою быстрое разрушение как деревянных, так и металлических конструкций. Наилучшей конструкцией надо считать каркасную железобетонную с железобетонным перекрытием.

Глава XI

НАПРАВЛЕНИЕ ДАЛЬНЕЙШИХ РАБОТ В ОБЛАСТИ ЭМУЛЬСИЙ

Направление исследовательских работ. Произведенные до сего времени работы с применением эмульсий показали, что битумная эмульсия представляет собой материал, имеющий большое будущее. С каждым днем область применения эмульсий расширяется, и нет сомнения, что в ближайшие годы производство эмульсий значительно увеличится. Перед научно-исследовательскими организациями стоит и в ближайшее время должна быть решена задача — выработать научно обоснованную методику подбора рецептуры эмульсий с заранее известными свойствами.

В составную часть этой методики должны входить также и методы анализа примененного эмульгатора.

Не следует стремиться к получению чрезмерного количества рецептов; достаточно разработать ряд стандартных эмульсий с различными свойствами, потребность в которых диктуется практикой. Так, важно иметь эмульсии быстро, медленно распадающиеся и эмульсии стабильные, эмульсии не реэмульгирующие, т. е. дающие пленку битума с нерастворимым в воде эмульгатором, для различных методов дорожного строительства, эмульсии специального назначения, как например, для кожевников, бумажников, агрономов и т. д., эмульсии, приспособленные к специфическим требованиям каждого производства.

Вопрос о выработке эмульгаторов для нужд эмульгирования решается двойко: или постройкой специальных заводов, вырабатывающих эмульгаторы из какого-то сырья, или, что более рационально, предъявлением в плановом порядке требования к соответственным заводам выпускать на рынок эмульгаторы (обычно получаемые из отходов производства), надлежащим образом приготовленные. Параллельно с выработкой методики получения рецептуры эмульсий следует разработать рациональные методы стандартных испытаний эмульсий.

Задача дорожников должна заключаться в нахождении наилучших способов применения эмульсии, времени укатки обработанного эмульсией покрытия, размера щебня и т. д. За участками, построенными с применением эмульсии, следует вести наблюдение в течение нескольких сезонов, до замены новым видом покрытия или до производства крупного ремонта. Длительное наблюдение позволит полностью решить вопрос о возможностях применения эмульсии.

Использованная литература

Русская

- Асфальт* — Асфальты и другие битумы, ОНТИ НКП, 1934 г.
- Проф. Наумов* — Химия космопидов. Гос. науч.-тех. издательство, Ленинград, 1932 г.
- В. Клейтон* — Теория эмульсий и техника их получения. Снабтехиздат, 1933 г.
- Дав* — Нефтяные эмульсии, 1927 г.
- В. Рейнер* — Новые методы дорожного строительства. Гострансиздат, 1931 г.
- Строительство и содержание автогужевых дорог СССР, ч. II, под редакцией проф. Дубешира, 1935 г.
- Мезерина, Буслевич, Коковин* — Технологии дорожностроительных материалов, ч. II. Гострансиздат, 1935 г.
- Мезерина* — Битумные и дегтевые дорожностроительные материалы. Гострансиздат, 1932 г.
- Коновалов* — Применение дорожных битумных эмульсий в дорожном строительстве. ЦДОРНИИ КЗБУЧ, Ленинград, 1934 г.
- Труды Научно-исследовательского автодорожного института при Главдортрансе РСФСР*. Выпуски II и IV, ст. В. М. Шалфеева и Н. М. Смирнова, 1932—1933 гг.
- Невляев А. М.* — Битумные дороги. Гострансиздат, 1932 г.
- Анохин и др.* — Дорожное дело. Гострансиздат, 1934 г.
- Неонов* — Черные дороги. Гострансиздат, 1933 г.
- Журнал «Дорога и автомобиль»*, отдельные статьи:
1931 г. №№ 2-3, 6, 12; 1932 г. №№ 3, 4, 10; 1933 г. №№ 4, 7; 1934 г. №№ 2, 11; 1935 г. №№ 1-2, 5, 6, 10.
- Инструкции ЦДОРНИИ* — ч. 6, Испытание черных материалов.
- Журнал «Пластические массы»* за 1934 г. № 1 и 2.
- » «Наука и жизнь» 1935 г. № 3.
 - » «Бумажная промышленность» за 1934 г. № 4, 8, 12.
 - » «Химическое машиностроение» за 1933 г.
- Н. И. Ванянич и Н. Г. Захаров*. Новый способ закрепления движущихся песков. Изд-во Всесоюзной академии с.-х. наук им. Ленина, 1935 г.
- Сборник № 1 ЦДОРНИИ. Москва 1935 г.
- Отчеты ОДЦа МОДТ (позднее Центр. лаборатории Ушоедора Моск. обл.) за 1931—1935 гг.

Иностранная

- 1) «Revue Générale des Routes», 1931; La physico-chemie des emulsions aqueuses de bitume.
- 2) Schweiz. Zeitschrift für Strassenwesen, № 13, 1927 г. «Введение в химию битуминозных и дегтевых эмульсий», реферат д-ра Ш л с п ф е р а.

3) Бюллетень Международной ассоциации дорожных конгрессов № 79, январь — февраль 1932 г., проф. М а л и с с о н, «Способ испытания битумных эмульсий».

4) «О распаде битумных эмульсий», ст. д-р Ве б е р а и д-р Б л е х с е р а, II, 419.

5) «Коллоидально-химические процессы при распаде битуминозных эмульсий», ст. д-ра Т р о н «Asphalt und Teer», 15/VI 1932 г.

6) «Стабилизация водных дисперсий битума», А. Х и н с о н и Д. Ф е н.

7) «К вопросу об исследовании битумных эмульсий», д-р Т е м м е — «Asphalt und Teer», № 27 1933 г.

8) «О распаде дорожностроительных эмульсий», проф. С у и д а. Журн. «Petroleum» № 29, 1933 г.

9) «Последовательное изучение битумных эмульсий», д-р. Ве б е р, «Kolloid Zeitschrift», август 1933 г.

10) «Дороги с применением германского битума», А. С к о п н и к, «Asphalt und Teer», 1935 г., № 32, II, 983.

11) «Успехи в дорожном строительстве при применении новых битумных эмульсий», В. Г е й с л е р, «Asphalt und Teer» № 34, 1933 г.

12) «Современные эмульсии для мощения дорог, их типы, характерные свойства и методы их испытания», М а к - К е с с о н, пер. ЦДОРПИИ, II, 458.

Оглавление

	<i>Стр.</i>
Предисловие	3
Введение	4

Глава I. Краткие сведения из коллоидной химии

Кристаллоиды и коллоиды	6
Золи и гели	7
Необратимые и обратимые коллоиды	8
Классификация дисперсных систем	8
Значение дисперсных систем	8
Методы получения дисперсных систем	9
Устойчивость дисперсных систем	10
Коагуляция	10

Глава II. Понятие об эмульсиях

Поверхностное натяжение	10
Адсорбция	12
Эмульсаторы	13
Стабилизаторы	14
Типы эмульсий	15
Броуновское движение	16
Стабильность или устойчивость эмульсий	17
Коагуляция эмульсий	17
Получение эмульсий и различные системы мешалок и гомогенизаторов	17

Глава III. Дорожные дегтевые и битумные эмульсии и пасты

Дегтевые эмульсии	25
Битумные эмульсии	26
Пасты	27
Эмульсии или суспензии	27

Глава IV. Выработка рецептуры

	<i>Стр.</i>
Описание эмульгаторов	28
Значение качества битума	32
Способы получения эмульсии	32
Температура водного раствора и битума	33
Недостатки методики выработки рецептуры и пути ее улучшения . .	35
Методика выработки рецептуры паст	37
Методика получения рецептуры дегтевых эмульсий	37

Глава V. Производство дорожной эмульсии по практике Эмульсионной базы бывин. Мособлдортрансга

Хранение сырьевых материалов	39
Технологический процесс изготовления эмульсии	39
Задачи лаборатории на базе	41
Отпуск эмульсии	42

Глава VI. Методы испытаний дорожных эмульсий

Испытания битумных эмульсий, описанные в иностранной литературе .	44
Испытания битумных эмульсий, предложенных ДОРИНИ	52
Испытания битумных эмульсий, опубликованные лабораторией ГДОРНИИ РСФСР	55
Испытания битумной эмульсии, разработанные лабораторией Упоссдора Московской обл.	57

Глава VII. Взаимодействие эмульсии с каменным материалом

Теория д-ра Малиссона и д-ра Ланге, д-ра Вильгельми, проф. Менье, д-ра Вебера и д-ра Блехера	75
Распад устойчивых эмульсий	78

Глава VIII. Применение эмульсий в дорожном строительстве

Способы применения эмульсий	83
Пропитка и полупропитка	85
Постройка мозаичного шоссе с применением дегтевых эмульсий	86
Устройство покрытий по способу смешения	86
Асфальтобетон	87
Обработка грунтовой дороги битумной эмульсией	87
Применения эмульсий для заливки швов брусчатой мостовой, клейнп-флятера и клинкера	89
Применение битумных эмульсий на дорогах Московской области . . .	89
Краткий обзор произведенных работ	89
Возражения против применения эмульсий	91
Постройка и эксплуатация покрытий	92

Глава IX. Применение эмульсий в различных областях народного хозяйства

Стр.

Применение битумных эмульсий в производстве пластических масс . .	93
Водоизоляционные картоны	94
Сельское хозяйство	95
Укрепление песков	97
Применение эмульсии как битумного красящего вещества	98

Глава X. Каким должен быть завод дорожных эмульсий

Основные требования	98
Оборудование и хранилища для приема битума	100
Нагрев материалов	104
Эмульсионные установки	105

Глава XI. Направление дальнейших работ в области эмульсий

Направление исследовательских работ	106
Использованная литература	107

Редактор *А. П. Минстер.*

Техн. редактор *Г. Лабус.*

Уполн. Главлита № В-50464. ОГИЗ 3628. Т-11. Зак. тип. № 977. Тир. 1500 экз.
Формат бум. $82 \times 110^{1/32}$. Печ. л. 7. Печ. зн. в 1 печ. л. 58304 У. А. Б. 6¼.
Сдано в набор 5/II-37 г. Код. бум. лист. 1^{3/4}. Подписано к печати 28/II-37 г.

Набрано во 2-ой типографии ОГИЗа РСФСР треста «Полиграфкнига» «Печатный
Двор» имени А. М. Горького. Ленинград, Гатчинская, 26. Отпечатано с матриц
в 1-ой тип. Изд-ва Леноблисполкома и Совета, 2-ая Советская, 7. Зак. № 433.