

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»

Кафедра «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве»

К.В. Беляев, В.С. Серебренников

ПРОИЗВОДСТВО, ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ВЯЖУЩИХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Учебное пособие

Омск • 2015



УДК 625.76
ББК 39.311
Б42

Согласно 436-ФЗ от 29.12.2010 «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию» данная продукция маркировке не подлежит.

Рецензенты:

канд. техн. наук, доц. Е.А. Бедрин (СибАДИ);
канд. техн. наук, доц. Г.М. Левашов (СибАДИ)

Работа утверждена редакционно-издательским советом СибАДИ в качестве учебного пособия.

Беляев, К.В.

Б42 Производство, транспортирование и применение вяжущих в строительстве [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.В. Беляев, В.С. Серебренников. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2015. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/ESD69.pdf> , свободный после авторизации. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-93204-849-8

Рассматриваются основные свойства битумов и оборудование для их изучения. Изложена методика расчёта и устройство оборудования для хранения и транспортирования битума. Приведены основные направления использования битумных вяжущих и способы энергосбережения при подготовке вяжущих к использованию. Описано устройство и особенности расчета окислительных колонн для переработки нефтепродуктов в битумы. Рассмотрены технология применения вяжущих на асфальтобетонных заводах и конструкции дозаторов.

Имеет интерактивное оглавление в виде закладок.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям «Наземные транспортно-технологические комплексы» и «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Может быть полезно для инженеров и механиков дорожных ремонтно-строительных организаций, эксплуатирующих дорожно-строительную технику.

Текстовое (символьное) издание (9,0 МБ)

Системные требования : Intel, 3,4 GHz ; 150 МБ ; Windows XP/Vista/7 ; DVD-ROM ;

1 Гб свободного места на жестком диске ; программа для чтения pdf-файлов Adobe Acrobat Reader

Редактор Т.И. Калинина

Техническая подготовка – Т.И. Кукина

Издание первое. Дата подписания к использованию 21.12.2015

Издательско-полиграфический центр СибАДИ. 644080, г. Омск, пр. Мира, 5

РИО ИПЦ СибАДИ. 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, 1

© ФГБОУ ВПО «СибАДИ», 2015

ВВЕДЕНИЕ

Битумы находят широкое применение в строительстве дорог (около 70 % всего вырабатываемого битума), гидротехнических сооружений, при гидроизоляции тоннелей, мостов, трубопроводов, промышленных и гражданских сооружений, в промышленности кровельных материалов, ракетной технике, при защите организмов от радиоактивных излучений и в ряде других отраслей народного хозяйства.

В России битум вырабатывается, как правило, на нефтеперерабатывающих заводах. Ограниченное число пунктов производства битумов предопределяет большой объем его выработки в каждом пункте. Таким образом, создается огромный поток битума из этих районов. Вывозят его в основном железнодорожным транспортом. Как известно, транспортирование битума связано с необходимостью применять специальный подвижной состав (бункеры). Затруднения с перевозкой битума являются одной из основных причин ограничения его производства в настоящее время. Приближение производства битума к местам его потребления значительно упростит проблему затаривания, так как при перевозке на небольшие расстояния автобитумовозами потребитель сможет получить битум в расплавленном виде, можно будет отказаться от хранения битума в битумохранилищах, избежать затрат на обезвоживание битума, вызванных хранением его длительное время, а также избежать ухудшения качества битума при его транспортировании, хранении и подготовке к использованию (при обезвоживании).

Вопросы взаимосвязи между химическим составом сырья и качеством товарной продукции, вопрос о влиянии основных технологических параметров на качество битумов пока еще не нашли себе исчерпывающего объяснения, продолжая интересовать широкий круг теоретиков и практиков этого дела.

1. СВОЙСТВА БИТУМОВ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Общие сведения о битумах

Значительный рост производства и потребления битумов, а также повышение требований к их качеству настоятельно требуют более глубокого и всестороннего изучения состава и свойств битумов, влияния параметров технологического режима, кинетики и гидродинамики процессов и природы сырья на эти показатели.

Битумы – органические вязущие вещества черного или темно-бурого цвета, состоящие из смеси высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных. Для битумов характерно хорошее сцепление с минеральными материалами, стойкость к воде, растворам кислот и щелочей. При нагревании битумы обратимо переходят в вязкотекучее состояние. Битумы способны разжижаться органическими растворителями и загустевать при их испарении [15].

В зависимости от происхождения битумы подразделяют на природные и искусственные. В строительстве используются преимущественно искусственные нефтяные битумы, получаемые из остатков перегонки нефти. В зависимости от консистенции битумы подразделяют на твердые, вязкие и жидкие.

Битумы представляют собой сложную смесь высокомолекулярных органических веществ. Основные химические элементы, входящие в состав битумов: углерод (70–87 %), водород (8–12 %), сера (0,5–7 %), кислород (0,2–12 %), азот (0–2 %). Эти элементы в виде различных комбинаций образуют вещества, которые условно можно выделить в следующие группы: масла, смолы, асфальтены, карбены, карбоиды, парафины.

Масла – жидкая часть битума, вязкотекучие вещества. Они легче воды, их относительная плотность менее единицы. Масла – это смесь углеводородов: предельных (C_nH_{2n+2}), циклических (C_nH_{2n}) и ароматических (C_nH_{2n-6}). Их молекулярная масса лежит в пределах 300–600. Они растворимы в ацетоне, эфире, бензине, бензоле. Масла придают битумам подвижность и текучесть. Содержание масел в битумах лежит в пределах от 35 до 60 %.

Смолы – пластичные вещества с относительной плотностью около единицы; их молекулярная масса 600–1000. Они растворимы в

бензине и бензоле. Смолы – это производные углеводородов: в состав их молекул входят активные функциональные группы: -ОН; -NH₂; -SH; -COOH. Благодаря этому смолы обеспечивают адгезию битума к различным материалам. Вяжущие свойства и пластичность битума обусловлены именно наличием смол. Содержание смол в битуме лежит в пределах от 20 до 40 % [15].

Асфальтены – твердые хрупкие вещества с относительной плотностью более единицы и молекулярной массой 1200–6000. Асфальтены не плавятся при нагревании и растворяются лишь в горячем бензоле, в бензине они нерастворимы. Асфальтены придают битумам твердость и теплостойкость. Их содержание в битуме лежит в пределах от 10 до 40 %.

Масла, смолы и асфальтены – это основные компоненты, от их соотношения зависят строительно-технические свойства битума.

Кроме того, в битумах содержатся *карбены* и *карбоиды* в количестве 1–3 %. Это углистые неплавкие и нерастворимые вещества, ухудшающие качества битума, поскольку уменьшают его пластичность. Другими нежелательными компонентами битума являются *парафины*, которые не только снижают пластичность, но и ухудшают адгезию. Содержание парафинов в битуме может достигать 6–8 %.

По структуре битум представляет собой коллоидную систему: дисперсионной средой являются масла, а дисперсной фазой – мельчайшие коллоидные частицы. Каждая коллоидная частица имеет ядро из асфальтенов размером 18–20 мкм, окруженное тонкой оболочкой смол. Коллоидные частицы взаимодействуют между собой через прослойку масел – чем толще эта прослойка, тем слабее взаимодействие, что отражается на консистенции битумов [15].

Под влиянием солнечной радиации, высоких температур, кислорода воздуха групповой состав битумов постепенно изменяется за счет химического перехода масел в смолы, смол – в асфальтены, а асфальтенов – в карбены.

Основными характеристиками, определяющими качество битумов и их назначение, являются вязкость, пластичность, теплостойкость, пожароопасность, адгезионная способность. В зависимости от назначения битумы подразделяют на общестроительные, дорожные, кровельные, изоляционные.

1.2. Методика определения основных свойств битумов

1.2.1. Определение пенетрации

Измерение пенетрации (глубины проникания стандартной иглы в битум) при 25 °С уже много лет является основным критерием классификации битумных вяжущих.

Пенетрация – условная величина, характеризующая вязкость и твердость битума. Испытание заключается в измерении глубины погружения иглы в образец битума при температуре + 25 °С в течение 5 с под нагрузкой 100 г. Глубину проникания определяют при помощи прибора пенетromетра. Принцип измерения пенетрации представлен на рис. 1.1.

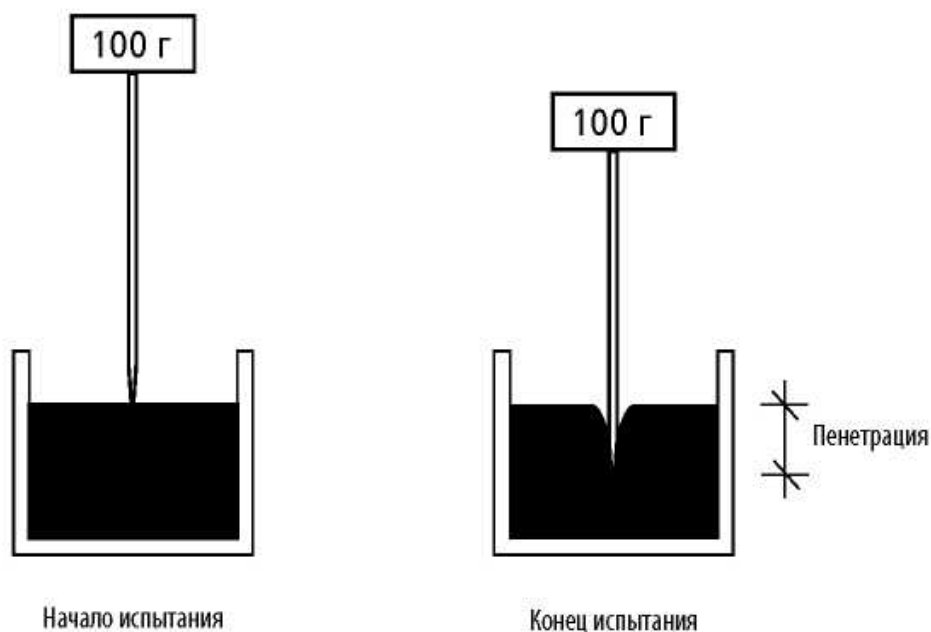


Рис. 1.1. Принцип проведения испытания на пенетрацию

Устройство пенетromетра представлено на рис. 1.2.

Масса иглодержателя с иглой и грузом – 100+0,25 г. Для проведения испытания расплавленную пробу битума заливают в металлическую чашку на высоту не менее 30 мм и охлаждают на воздухе до температуры 18–20 °С. Затем чашку с битумом выдерживают в течение одного часа в ванне с водой при температуре 25 °С. Общий вид аппаратуры для проведения испытания представлен на рис. 1.3, 1.4.

Рис. 1.2. Пенетрометр:
1 – металлический штатив; *2* –
подставка; *3* – столик; *4* – стопорная
кнопка; *5* – верхняя часть штатива; *6* –
зубчатая рейка; *7* – нижняя часть
штатива; *8* – иглодержатель; *9* – игла;
10 – циферблат

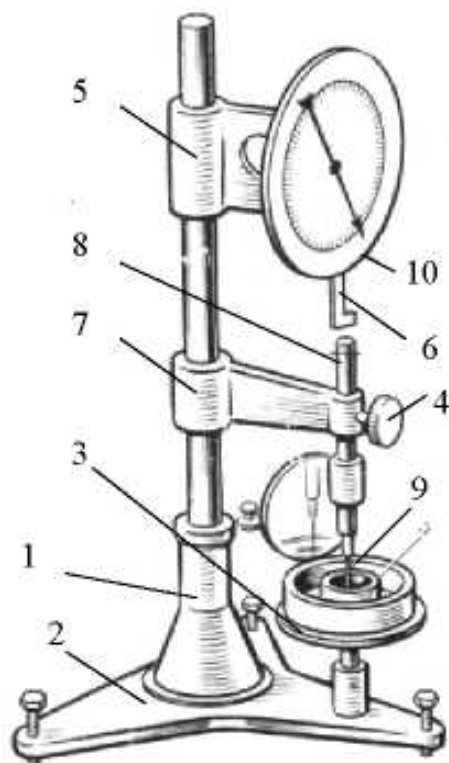


Рис. 1.3. Оборудование для испытания
образца битума на пенетрацию

Испытание производят в следующем порядке [4, 11]:

1. Чашку с битумом переносят в кристаллизатор, заполненный водой с температурой $+25 \pm 1$ °С. Уровень воды над битумом должен быть не менее 10 мм.

2. Кристаллизатор устанавливают на столик прибора, иглу прибора приводят в соприкосновение с поверхностью битума, зубчатую рейку опускают до верхнего края иглодержателя, ставят стрелку на нулевое деление циферблата или отмечают положение стрелки на циферблате до погружения иглы в битум, данные заносят в таблицу.

3. После этого включают секундомер и одновременно нажимают кнопку прибора, давая игле свободно погружаться в битум в течение 5 с.

4. По истечении 5 с кнопку отпускают. Зубчатую рейку вновь доводят до верхнего конца иглодержателя и отмечают положение стрелки на циферблате после погружения иглы в битум, данные оформляют таблицей.



Рис. 1.4. Вид образца битума после проведения испытания

Перемещение стрелки циферблата в угловых градусах характеризует глубину проникания иглы. Каждый угловой градус соответствует глубине проникания иглы в 0,1 мм. Определение производят в трех различных точках образца битума и берут среднее арифметическое значение из трех измерений. Иглу прибора после

каждого погружения в битум необходимо протирать ветошью, смоченной в бензине.

Для перехода от глубины проникания иглы к динамической вязкости битума можно пользоваться формулой Зааля [3]:

$$\eta = \frac{1,58 \cdot 10^9}{P \cdot 2,16}, \quad (1.1)$$

где η – динамическая вязкость, Па·с; P – глубина проникания иглы в битум, выраженная в десятых долях миллиметра.

1.2.2. Определение температуры размягчения битума

Температура размягчения характеризует теплостойкость битума: переход его из упругопластичного в вязкотекучее состояние; при этой температуре битум утрачивает свои клеящие свойства.

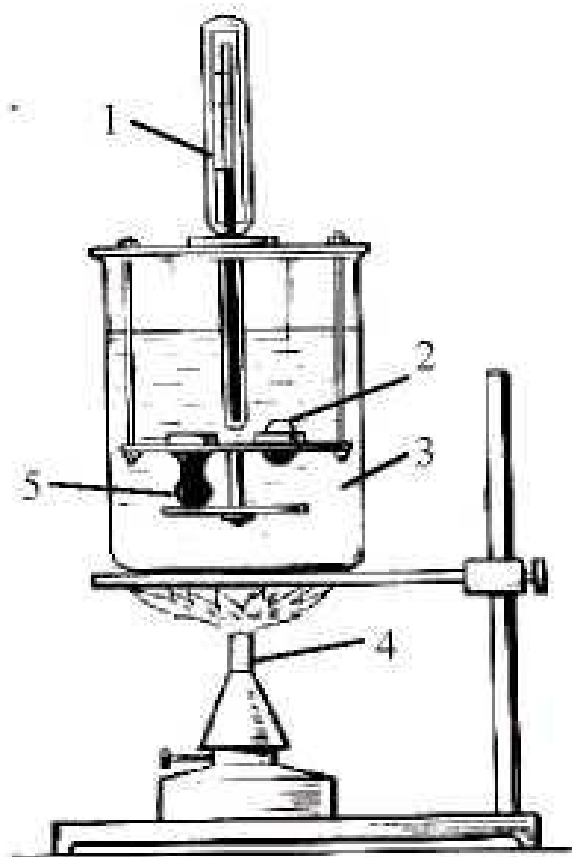


Рис. 1.5. Прибор для определения температуры размягчения битума: 1 – термометр; 2 – шарик; 3 – стакан с водой; 4 – горелка; 5 – шарик с битумом

Испытание проводят на приборе «кольцо и шар» (рис. 1.5). Оно заключается в определении температуры, при которой битум, находящийся в кольце заданных размеров, размягчается и под действием веса стандартного металлического шарика выдавливается на определенную глубину [6].

Принцип проведения испытания изображен на рис. 1.6.

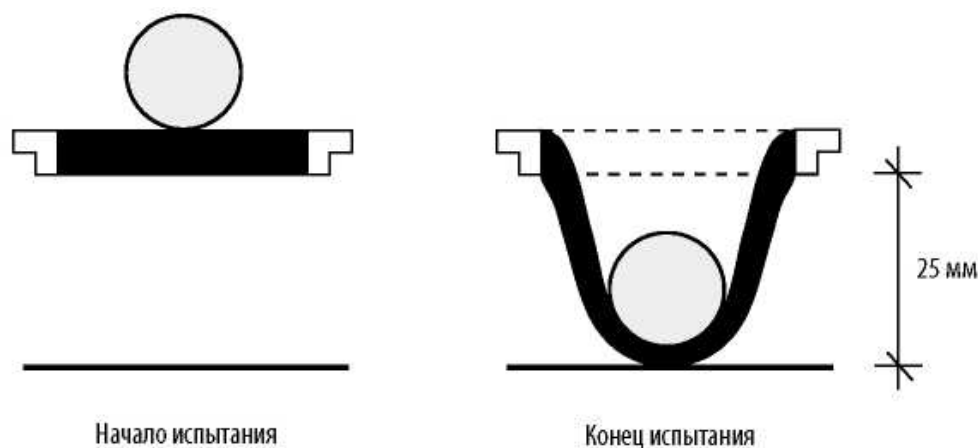


Рис. 1.6. Принцип проведения испытания на температуру размягчения КиШ

Для проведения испытания расплавленный битум заливается в два кольца прибора. Кольца при заливке устанавливают в горизонтальное положение на стеклянной пластинке, покрытой тонким слоем талька с глицерином.

Битум заливают так, чтобы он возвышался над кольцами на 1,5–2 мм, а после охлаждения до 25 °С излишки битума срезают горячим ножом.

Кольца вставляют в гнезда средней полки прибора. В отверстие полки прибора вставляют термометр так, чтобы его нижний конец оказался на уровне колец. В центре каждого кольца с битумом укладывают по одному стальному шариком диаметром 9,5 мм и массой 3,5 г. После такой подготовки подвеску с кольцами и шариками устанавливают в термостойкий стакан с водой, температура воды 5 °С. Стакан помещают на песчаную баню и начинают нагревать со скоростью 5 град/мин. По мере нагревания битум размягчается и продавливается шариком.

Общий вид оборудования для определения температуры размягчения битума показан на рис. 1.7.

Для каждого кольца и шарика отмечают температуру, при которой выдавливаемый шариком битум коснется контрольного диска (основания) прибора. Полученные результаты фиксируют в виде таблицы.

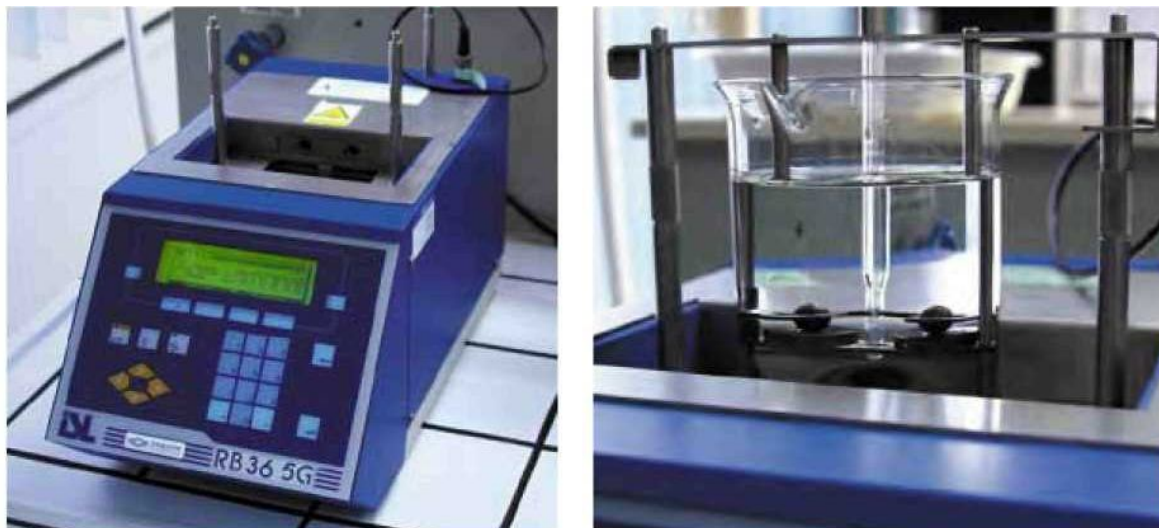


Рис. 1.7. Общий вид аппарата для испытания на температуру размягчения КиШ автоматическим методом с размещенным образцом битума

За температуру размягчения битума принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений, округленных до целого числа. Вид образца после проведения испытания показан на рис. 1.8.

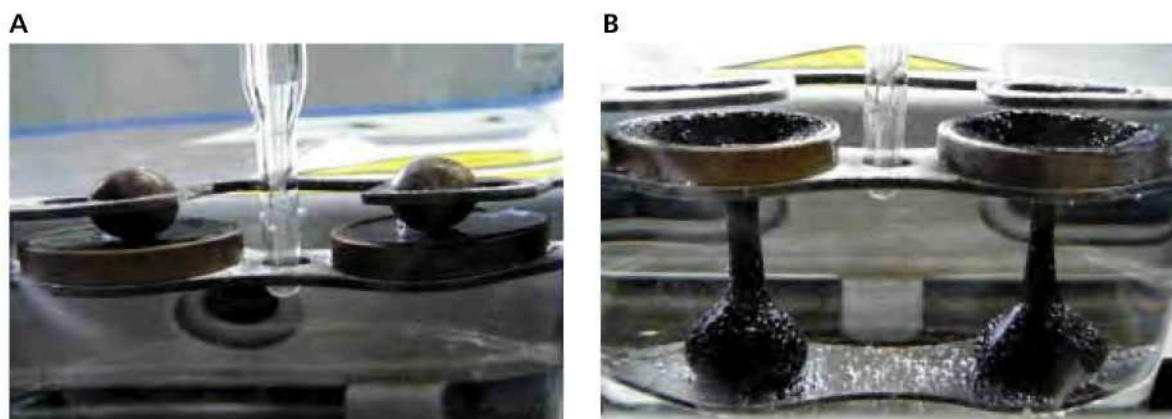


Рис. 1.8. Вид образца битума:
A – перед испытанием; *B* – после испытания

1.2.3. Определение растяжимости битума

Растяжимость (дуктильность) – это косвенный показатель пластичности битума, характеризующий его способность вытягиваться в тонкую нить.

Испытание проводят на приборе дуктилометре (рис. 1.9). Оно заключается в определении максимальной длины нити, в которую может растянуться без разрыва битум, залитый в форму-восьмерку, половинки которой раздвигаются с постоянной скоростью 5 см/мин при 25 °С [5].

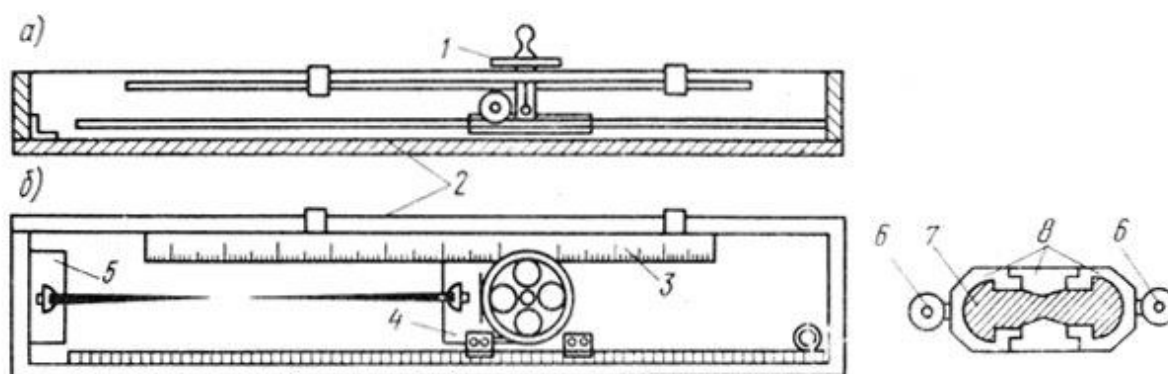


Рис. 1.9. Дуктилометр:

- a* – общий вид прибора; *б* – форма для приготовления образцов; 1 – маховик; 2 – водонепроницаемый ящик; 3 – шкала; 4, 5 – соответственно подвижные и неподвижные салазки; 6 – отверстие для крепления формы; 7 – битум; 8 – разборные части формы

Для проведения испытаний разогретый битум наливают в три формы-восьмерки. Форма должна быть заполнена битумом вровень с краями. Охладив до комнатной температуры, образцы выдерживают не менее 1 ч в ванне с водой при 25 °С. Формы с битумом закрепляют в дуктилометре, для чего кольца зажимов надевают на штифты, находящиеся на салазках и стойке прибора. После этого снимают боковые части форм.

Дуктилометр наполняют водой, имеющей температуру испытания, т.е. 25 °С. При этом вода должна покрывать образцы слоем 25 мм. Затем включают двигатель дуктилометра и наблюдают за растяжением битума.

За растяжимость битума принимают длину нити битума в сантиметрах, отмеченную указателем в момент ее разрыва. За

окончательный результат принимают среднее арифметическое значение трех определений [11].

1.2.4. Температура хрупкости. Метод Фрааса

Температура хрупкости определяет низкотемпературные характеристики битума, а также, примерно, условный нижний предел вязкоупругого состояния.

Испытание на температуру хрупкости проводится в соответствии с ГОСТ 11507–78 [7] и рекомендациями ОДМ 218.7.003–2008. Проведение испытания по методу, предложенному А. Фраасом, состоит в определении температуры, при которой появится трещина в тонком слое битума толщиной 0,5 мм, размещенном на тонкой стальной пластине размером 20x41 мм, находящейся в аппарате (рис. 1.10).

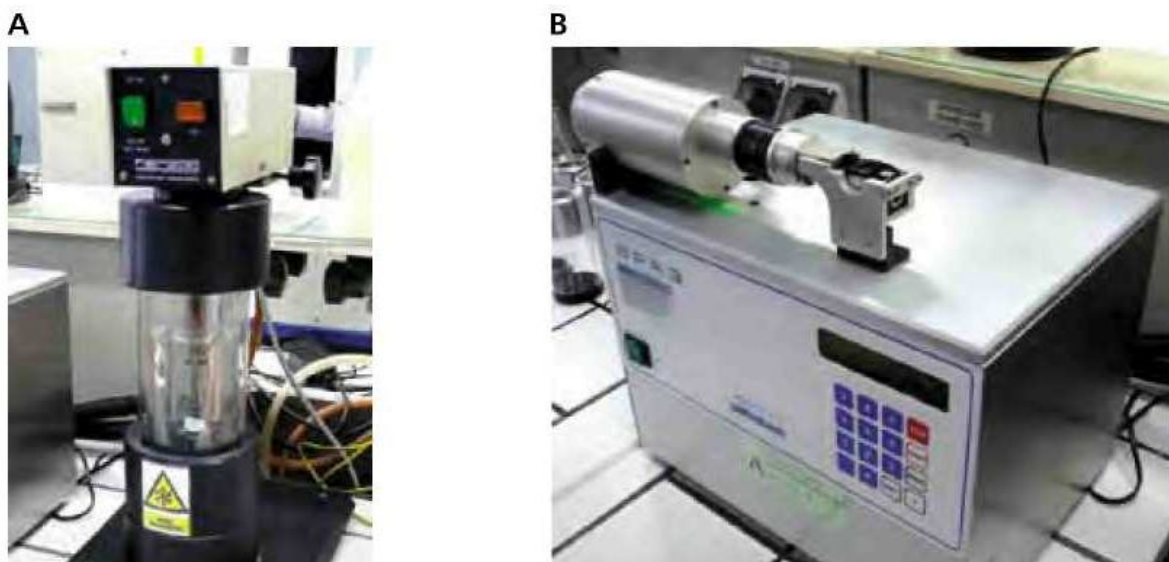


Рис. 1.10. Общий вид аппаратов для испытания на температуру хрупкости по Фраасу с размещенным образцом битума: *А* – полуавтоматический аппарат; *В* – автоматический аппарат

Образец битума на пластине помещается в аппарат и подвергается циклическому механическому изгибанию и отжигу. Процесс изгибания происходит после каждого 1°C в течение равномерного снижения температуры воздуха вокруг образца, составляющего 1°C/мин. После каждого изгибания пластины наблюдается слой битума на образце и регистрируется возможное возникновение трещин. Испытание заканчивается, когда видна первая

трещина на образце. Единицей результата испытания на температуру хрупкости по Фраасу является градус Цельсия.

Общий принцип испытания битума на температуру хрупкости изображен на рис. 1.11.

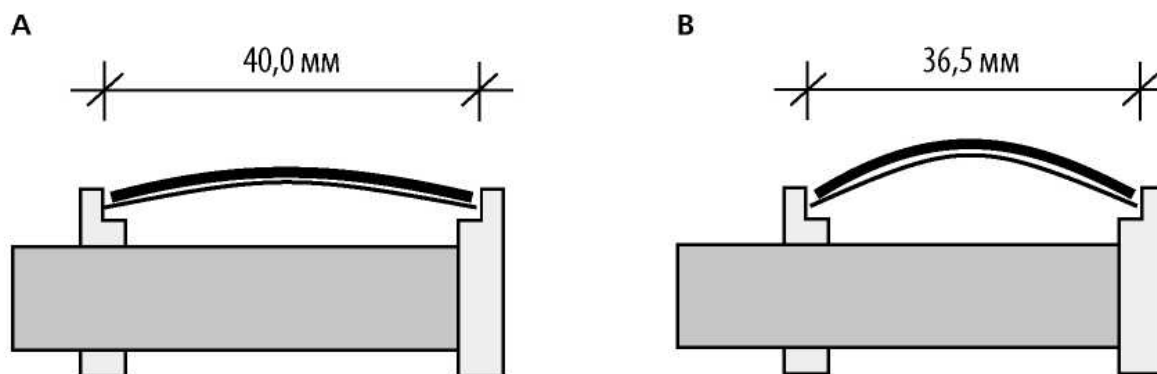


Рис. 1.11. Принцип проведения испытания на температуру хрупкости по Фраасу: *A* – пластина со слоем битума до изгиба; *B* – пластина со слоем битума после изгиба – момент проверки, появилась ли трещина в слое битума



Рис. 1.12. Образцы битума на пластине, размещенные в полуавтоматическом аппарате, до и после проведения испытания – видна трещина в слое битума

Вид образцов битума до и после испытания представлен на рис. 1.12.

1.2.5. Температура вспышки. Метод Кливленда

Определение температуры вспышки принадлежит к группе испытаний, связанных с безопасностью использования битумных вяжущих. Благодаря этому методу можно проверить вяжущее на содержание воспламеняемых летучих веществ.

Определение температуры вспышки проводится в соответствии с ГОСТ 4333–87 [8]. Суть испытания заключается в определении температуры, при которой произойдет временная вспышка паров образца битума в открытом сосуде (тигле).



Рис. 1.13. Общий вид аппарата для испытания на температуру вспышки по методу открытого тигля Кливленда

Перед началом испытания записывается значение окружающего атмосферного давления, указанного на лабораторном барометре. Тигель с образцом битума предварительно нагревается со скоростью роста температуры 14–17 °С/мин. Когда температура образца составит около 56 °С ниже, чем ожидаемая температура вспышки, температура нагрева битума снижается, чтобы прирост температуры в последних 23 °С составлял от 5 до 6 °С/мин. В это время начинается движение испытательного пламени над поверхностью битума в тигле

и продолжается, пока приложение пламени не приведет к вспышке паров и распространению пламени над поверхностью битума. Температура вспышки, выраженная в °С, обозначенная под атмосферным давлением окружения, корректируется до стандартного атмосферного давления с использованием соответствующей математической формулы. Испытание проводится на аппарате, изображенном на рис. 1.13.

1.2.6. Растворимость

С помощью этого испытания проводится анализ содержания твердых загрязнений в вяжущем.

Испытание на растворимость проводится в соответствии с ГОСТ 20739–75 [9]. Суть проведения испытания – определение в процентах (в соотношении к целому образцу битума) той части битумной массы, которая растворится в данном растворителе (рис. 1.14).

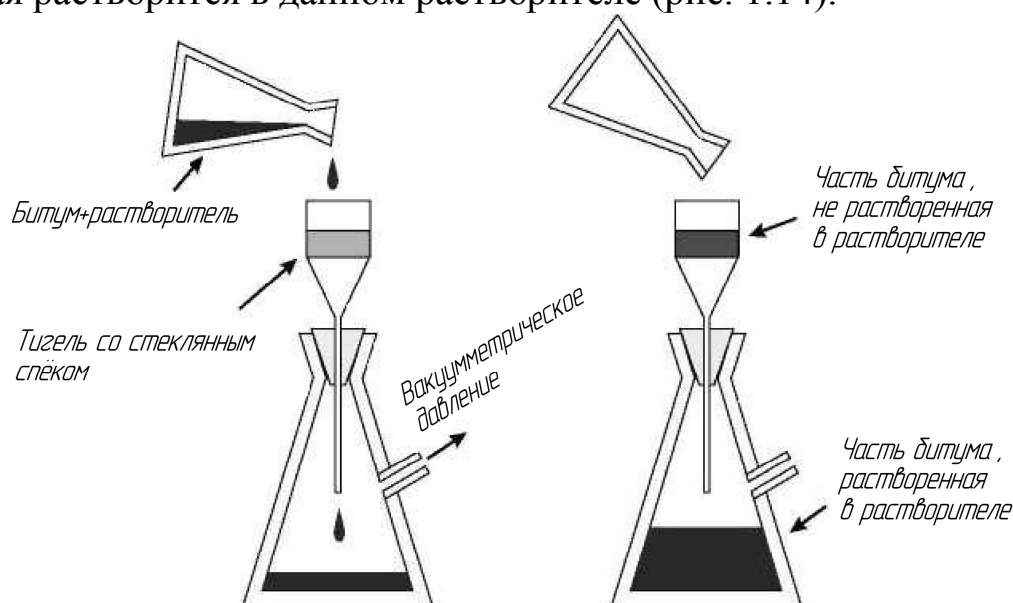


Рис. 1.14. Принцип проведения испытания на растворимость битума

Образец битума растворяется в растворителе и фильтруется через слой стеклянного порошка в тигле. Нерастворимый остаток битума промывается, сушится и взвешивается (рис. 1.15).



Рис. 1.15. Вид образца битума до и после проведения испытания

Затем рассчитывается результат растворимости как процент от массы растворенной части битума по отношению к массе целого образца (% м/м).

Оборудование, необходимое для проведения испытания, показано на рис. 1.16.

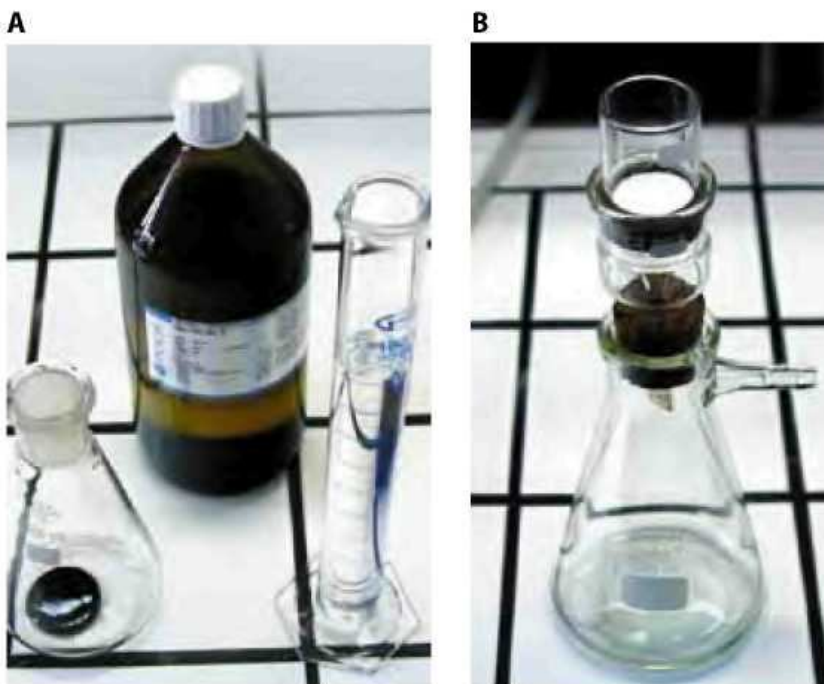


Рис. 1.16. Общий вид оборудования для испытания на растворимость

Данные о растворимости битума могут быть использованы для оценки загрязнения битума твердыми веществами, например коксом.

1.2.7. Вязкость

Вязкость битума является одним из наиболее важных технологических и потребительских свойств. Битум принадлежит к реологически сложным видам жидкостей. Их вязкость зависит от изменения температуры, скорости сдвига, продолжительности испытания и т.д.

Иначе говоря, сопоставимость результатов вязкости, полученных разными методами, может быть достигнута только при условии соблюдения конкретных условий измерений (одинаковая температура, правильно выбранные системы измерения, скорость сдвига, время испытания). В других случаях сравнение и заменительное использование результатов вязкости является некорректным и может привести к неправильным выводам.

Сопротивление жидкости любым необратимым изменениям в положении ее объемных элементов называется вязкостью. По отношению к битуму термин «вязкость» может быть определен как внутреннее трение между частицами во время движения одного слоя битума относительно другого. Чем выше температура битума, тем ниже его вязкость. Эта зависимость позволяет определить температуры перекачивания битума, обкатывания им наполнителя и уплотнения поверхности. На рис. 1.17 схематически указана зависимость вязкости битума от температуры.

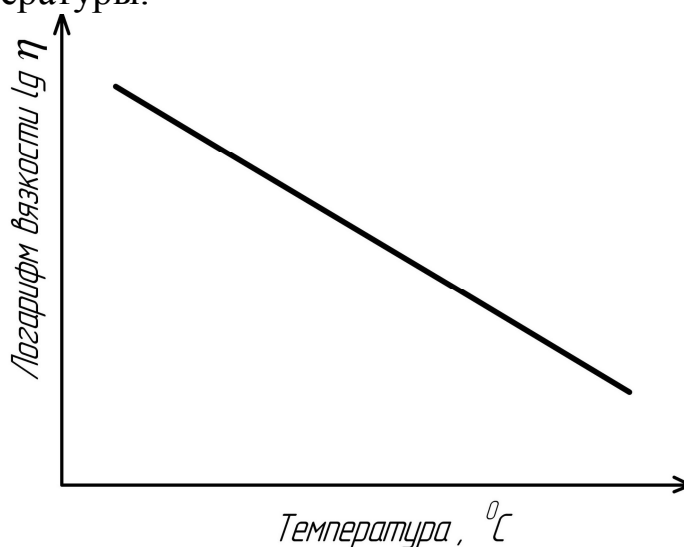


Рис. 1.17. Зависимость вязкости битума от температуры

Модель вращающегося шпинделя, погруженного в контейнер с образцом битума, указанная на рис. 1.18, позволяет определить как напряжение сдвига, так и скорость сдвига. Испытания выполняют согласно ГОСТ 11503–74 [10].

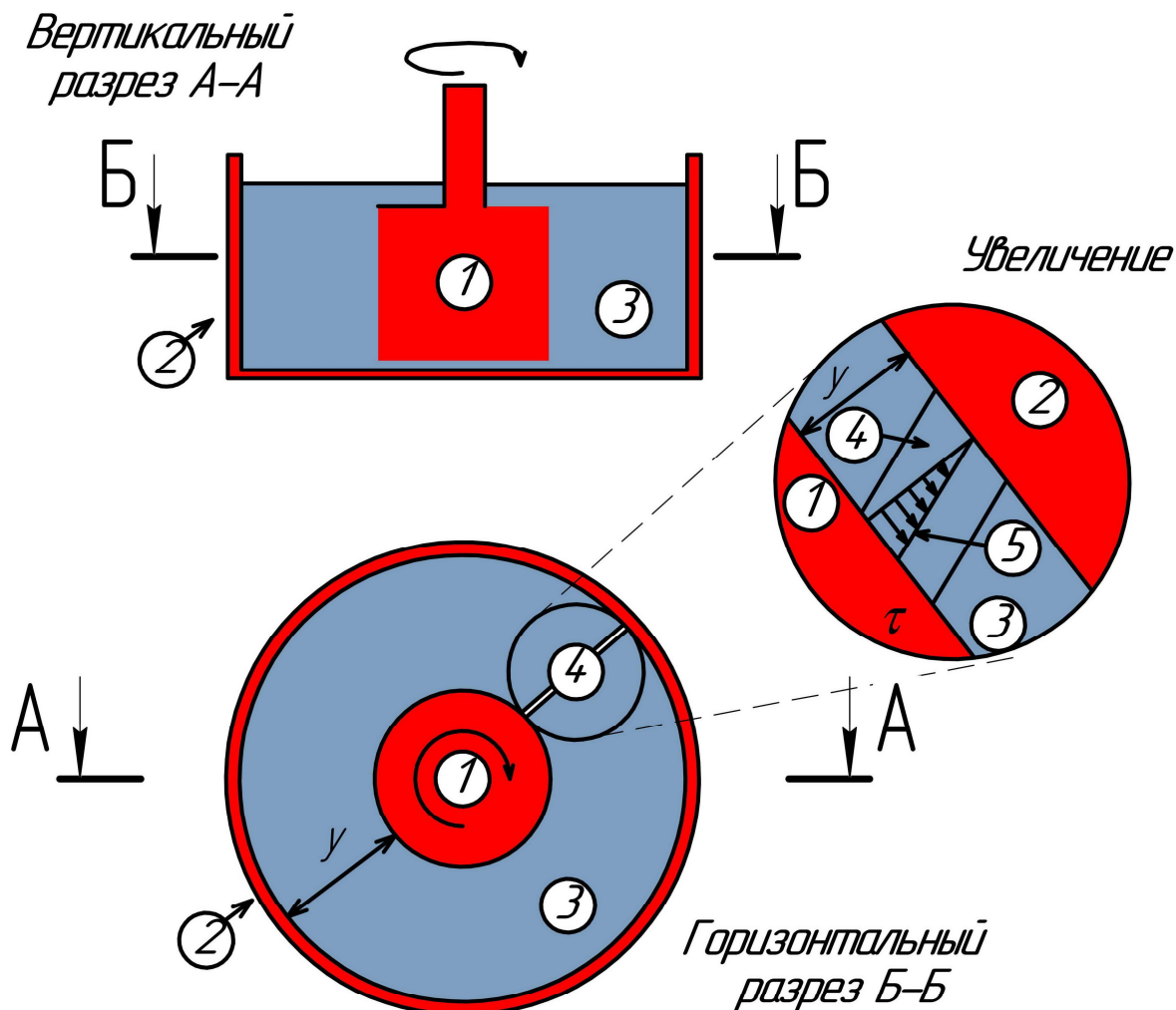


Рис. 1.18. Модель вращающегося шпинделя, погруженного в контейнер с образцом битума: 1 – вращающийся шпиндель; 2 – стенка контейнера для образца битума; 3 – образец битума; 4 – сектор образца унитарной толщины; 5 – распределение скоростей движения части битума в отдельном секторе образца битума

Существует несколько разновидностей вязкости битума: динамическая и кинематическая.

Динамическая вязкость – это отношение напряжения сдвига к скорости сдвига. Динамическая вязкость является мерой сопротивления потока жидкости и обычно называется вязкостью жидкости.

$$\text{Динамическая вязкость} \Rightarrow \eta = \frac{\tau}{\gamma} = \left[\frac{N}{m^2} \cdot s \right] = [Pa \cdot c].$$

Единицей динамической вязкости в системе СИ является паскаль-секунда [Па·с].

Кинематическая вязкость, называемая также кинетической, – это отношение динамической вязкости к плотности жидкости. Кинематическая вязкость является мерой сопротивления потока жидкости течению под влиянием гравитации. Следовательно, кинематическая и динамическая вязкости связаны друг с другом.

$$\text{Кинематическая вязкость} \Rightarrow \nu = \frac{\eta}{\rho} = \left[\frac{m^2}{s} \right];$$

$$\text{Плотность} \Rightarrow \rho = \frac{kg}{m^3} = \left[\frac{N \cdot s^2}{m^4} \right].$$

Кинематическая вязкость измеряется в метрах квадратных в секунду [м²/с], часто измеряется и в миллиметрах квадратных в секунду [мм²/с].

Контрольные вопросы

1. Какие вяжущие называют битумами?
2. Каково происхождение битумов?
3. Из каких химических элементов состоят битумы?
4. Какие группы веществ входят в состав битумов?
5. От чего зависит консистенция битумов?
6. По каким показателям испытывают битум, чтобы установить его марку?
7. Какой показатель характеризует твердость битума?
8. Какой показатель характеризует пластичность битума?
9. Какой показатель характеризует теплостойкость битума?
10. Как изменится глубина проникания иглы в битум и температура его размягчения с увеличением содержания асфальтенов?
11. Как изменится глубина проникания иглы в битум и температура его размягчения с увеличением содержания масел?
12. Как изменится растяжимость битума с увеличением содержания смол?

2. УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИТУМОВ В ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ КОЛОННЕ

2.1. Технологическая схема окисления гудрона в битумы

Наибольший объем окисленных битумов получают в аппаратах колонного типа [11, 13, 18], которые представляют собой вертикальные пустотелые цилиндрические сосуды, работающие по схеме непрерывного действия. В колонне поддерживают определенный уровень окисляемого жидкофазного материала. Воздух на окисление подают в нижнюю часть колонны через маточник. Барботаж воздуха через слой жидкости приводит к ее практически полному перемешиванию, что подтверждается равенством температур по всей высоте зоны реакции и одинаковыми свойствами продукта. Таким образом, по структуре потока жидкой фазы колонна близка к аппарату идеального смешения. В этих условиях безразлично как вводить реагирующие фазы – прямоточно или противоточно. Обычно сырье подают под уровень раздела фаз, а битум откачивают с низа колонны, при этом твердые осадки в колонне не накапливаются.

В ряде случаев битум откачивают из колонны через уравнительную емкость, наличие которой облегчает поддержание постоянства откачиваемого потока, что важно для обеспечения работы системы утилизации тепла битума (рис. 2.1). Во избежание перегрева колонны в результате выделения теплоты реакции окисления в газовое пространство подают воду, которая, испаряясь, понижает температуру в колонне и разбавляет газы окисления. Если такого разбавления недостаточно для снижения концентрации кислорода до безопасной, в колонну вводят также водяной пар, вырабатываемый в парогенераторе за счет избыточного тепла сырья и продукта. Для поддержания теплового равновесия процесса применяют также циркуляцию части битума через выносные холодильники.

При выборе технологической схемы установки сравниваются технико-экономические показатели работы периодических, полунепрерывных и непрерывных установок, их достоинства и недостатки. На основании анализа производят выбор наиболее рационального способа получения окисленных битумов.

На этой стадии приводят краткую характеристику выбранного варианта, определяют основные преимущества и недостатки, оформляют принципиальную технологическую схему процесса получения окисленных битумов.

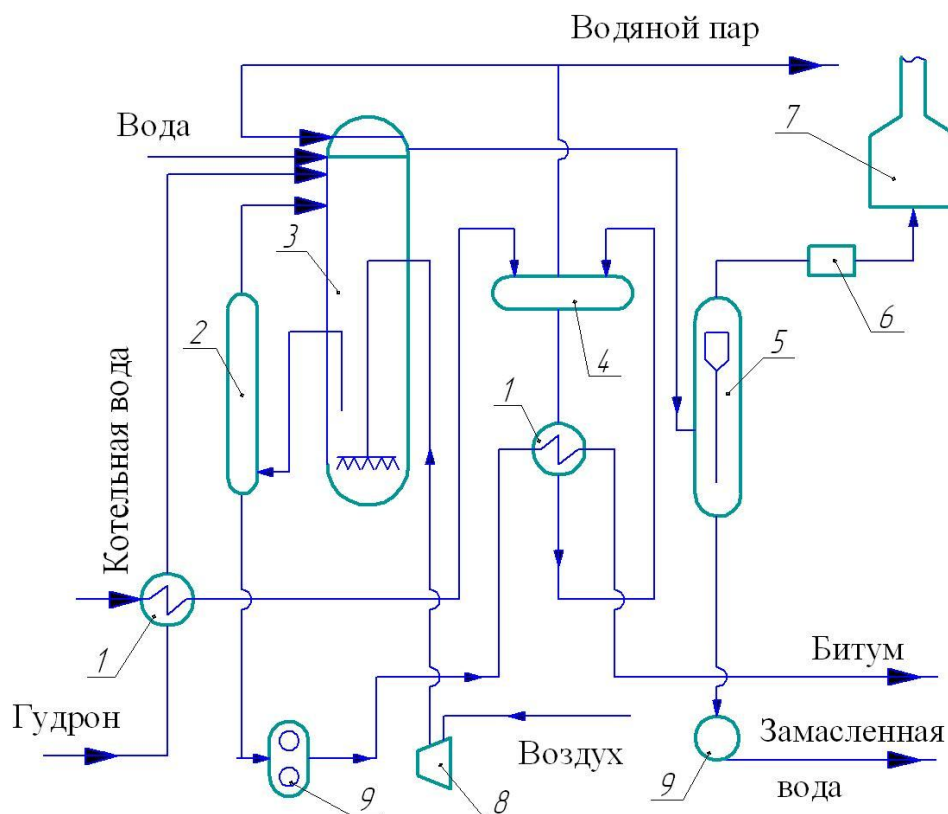


Рис. 2.1. Схема окисления в колонне с утилизацией тепла:

1 – кипятильники; 2 – уравнильная емкость; 3 – окислительная колонна;
 4 – парогенератор; 5 – сепаратор с циклоном; 6 – огнепреградитель; 7 – печь;
 8 – компрессор; 9 – насосы

На основе литературных и практических данных (или результатов эксперимента) выбираются основные параметры ведения процесса: температура, расход воздуха, давление, число дней работы установки в году и другие параметры. Затем дается описание технологической схемы проектируемой установки.

К исходным данным для проектирования относятся:

- производительность по сырью;
- качество сырья (плотность, температура размягчения по методу КиШ, условная вязкость, температура вспышки);
- ассортимент и качество получаемых битумов (марка по ГОСТ, где определены такие основные эксплуатационные характеристики, как температуры размягчения и хрупкости, пенетрация, дуктильность, адгезия к минеральному материалу, плотность битума), а также их применение;
- условия процесса окисления (температура, давление, расход воздуха, выход битума).

Варианты заданий для практических расчётов приведены в прил. 1.

В табл. 2.1 приведены условия процесса получения из гудрона окисленных битумов с температурой размягчения в интервале 47 – 53°C, при температуре 250 °С и давлении 0,1–0,3 МПа. В табл. 2.2 приведены значения выхода битума из гудрона с плотностью 985 кг/м³ в зависимости от степени окисления.

Таблица 2.1

Условия для получения дорожных битумов в окислительных колоннах

Марка битума	$w, \text{ч}^{-1}$	$g_{\text{возд}}, \text{м}^3/\text{т}$	$v_{\text{возд}}, \text{м}^3/\text{с}$	$t_{\text{разм}}, \text{°C}$
БНД – 40/60	0,25	66	0,080	53
БНД – 60/90	0,30	45	0,065	50
БНД– 90/130	0,35	30	0,051	47

Примечание. w – объемная скорость подачи гудрона; $g_{\text{возд}}$ – удельный расход воздуха; $v_{\text{возд}}$ – линейная скорость воздуха; $t_{\text{разм}}$ – температура размягчения битума.

Для остаточных битумов выход можно рассчитать по эмпирическим зависимостям. Если окислению подвергается гудрон с добавками, то выход битума будет определяться экспериментально или приниматься на 1–2 % масс. больше или меньше, в зависимости от вида добавки.

Таблица 2.2

Выход битума

Выход битума $\gamma, \%$ масс.	99	98	97	96	94	92	85
$t_{\text{разм.}} \text{ битума, } \text{°C}$	40	45	48	52	70	90	120

На основании анализа данных по работе окислительных колонн непрерывного действия можно при расчетах принимать удельные расходы воздуха на окисление сырья, приведенные в табл. 2.3.

По данным [13], расход воздуха на окисление составляет 50 – 400 м³/т сырья, в зависимости от марки получаемого битума.

Нормы расхода воздуха м³/м³ для колонн окисления в зависимости от перерабатываемого сырья

Нефть	Дорожный битум	Строительный битум
Смесь ухтинских нефтей	32	72
Ромашкинская нефть	40	90
Смесь западно-украинских нефтей	90	135
Смесь западно-сибирских нефтей	125	225

2.2. Определение производительности установки

Для расчёта подбирают следующие исходные данные:

- производительность колонны по сырью G_F , т/год;
- марка получаемого битума, его температура размягчения $t_{разм}$, °С;
- качество сырья: температура размягчения $t_{разм}$, °С; плотность ρ_4^{20} , кг/м³;
- условия процесса: удельный расход воздуха $g_{возд}$ на сырьё, м³/кг; температура t , °С; давление P , МПа; объёмная скорость подачи сырья w .

Производительность колонны в час, кг/ч, [13]

$$G_f = G_F \cdot 10^3 / (n \cdot 24), \quad (2.1)$$

где n – число рабочих дней установки в году.

Выход готового продукта

$$G_{\delta} = \gamma \cdot G_F / 100, \quad (2.2)$$

где γ – выход битума, % масс.

Значение γ берется в зависимости от температуры размягчения готового продукта.

2.3. Расчёт материального баланса окислительной колонны

Цель технологического расчета окислительной колонны – определение ее размеров, материальных и тепловых потоков.

Если установка предусматривает производство нескольких марок окисленных битумов, то для составления материального баланса установки необходимо рассчитать материальный баланс

каждой колонны в отдельности, в зависимости от ее производительности.

В табл. 2.4 приводится материальный баланс установки, производящей дорожные и строительные битумы окислением смешанного сырья.

Общий расход воздуха, кг/ч, [18]

$$G_{\text{возд}} = g_{\text{возд}} \cdot G_f \cdot \rho_{\text{возд}} / 1000, \quad (2.3)$$

где $g_{\text{возд}}$ – удельный расход воздуха, м³/т сырья; $\rho_{\text{возд}}$ – плотность воздуха, кг/м³.

Азот и инертные газы не участвуют в процессе окисления, поэтому количество азота равно суммарному количеству азота и инертных газов, поступающих в колонну с воздухом, то есть 0,77 % масс., кг/ч, [13]

$$G_{N_2} = 0,77 \cdot G_{\text{возд}}. \quad (2.4)$$

Количество подаваемого на окисление кислорода, кг/ч,

$$G_{O_2} = 0,23 \cdot G_{\text{возд}}. \quad (2.5)$$

Содержание свободного кислорода в газах окисления зависит от высоты слоя гудрона в колонне, расхода воздуха и температуры. Эти зависимости приведены на рис. 2.2 и 2.3.

Количество остаточного кислорода в газах окисления

$$G'_{O_2} = \frac{\alpha \cdot g_{\text{возд}}}{100}, \quad (2.6)$$

где α – содержание свободного кислорода в газах окисления (% объёма) определяется из графика 2.3. Для этого необходимо размерность расхода воздуха из кг/ч перевести в м³/ч.

Рассчитываются количество и состав побочных продуктов окисления, выходящих из колонны. Принимают, что на образование CO₂ расходуется 30 % масс. кислорода, а на образование H₂O – 65 % масс. Образование других окислов несущественно.

Таблица 2.4
Материальный баланс установки, производящей дорожные и строительные битумы окислением смешанного сырья

Показатель	% (масс.)	Масса, кг/ч
Взято:		
Гудрон	100	16 000
Воздух	12,9	2069
Итого	112,9	18 069
Получено:		
Битум	97,0	15 540
Азот	10,0	1593
Кислород	0,6	103
Диоксид углерода	1,0	154
Вода	1,7	273
Углеводородные газы	2,0	320
Отгон	0,6	86
Итого	112,9	18 069

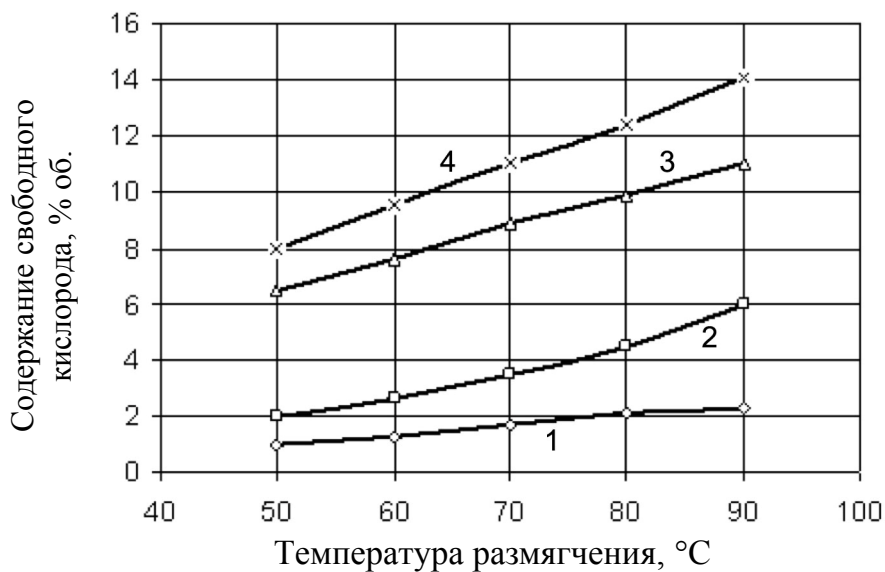


Рис. 2.2. Содержание свободного кислорода в газах окисления, отходящих из аппарата: 1 – окисление в трубчатом реакторе при 270 °С; 2 – окисление в колонне при 270 °С; 3 – окисление в кубе при 270 °С; 4 – окисление в кубе при 250 °С

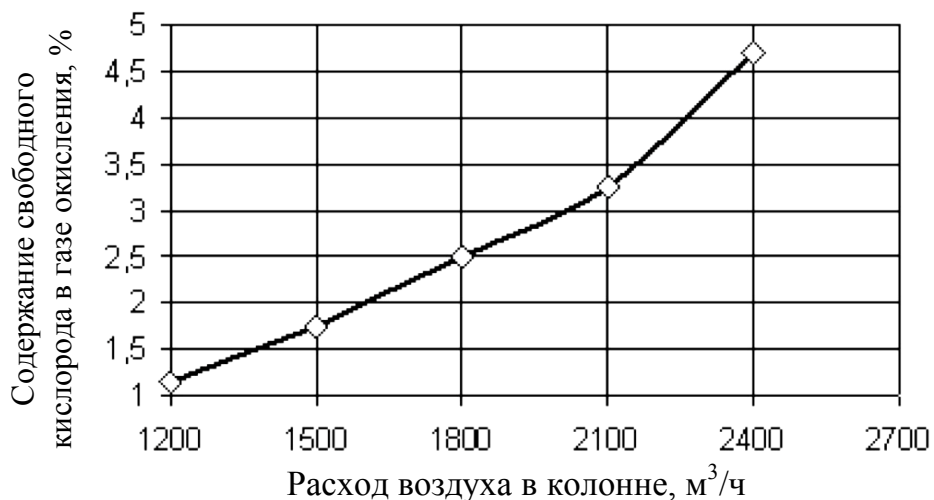


Рис. 2.3. Зависимость содержания свободного кислорода в газах окисления от расхода воздуха в окислительной колонне при получении дорожных битумов

Количество израсходованного кислорода, кг/ч,

$$G_{O_2}^{II} = G_{O_2} - G_{O_2}^I \quad (2.7)$$

Количество образующегося CO₂

$$G_{CO_2} = \frac{0,3 \cdot G_{O_2}^{II} \cdot M_{CO_2}}{M_{O_2}}, \quad (2.8)$$

где G_{CO_2} – количество образующегося CO_2 , кг/ч; M_{CO_2} – молекулярная масса CO_2 ; M_{O_2} – молекулярная масса O_2 .

Количество образующейся воды

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,65 \cdot G_{\text{O}_2}'' \cdot M_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{O}_2}}, \quad (2.9)$$

где $M_{\text{H}_2\text{O}}$ – молекулярная масса H_2O .

Количество гудрона, пошедшее на образование CO_2 и H_2O , кг/ч, [13]

$$G = (G_{\text{CO}_2} - 0,3 \cdot G_{\text{O}_2}'') + (G_{\text{H}_2\text{O}} - 0,65 \cdot G_{\text{O}_2}''), \quad (2.10)$$

что составляет $(G/G_f) \cdot 100$ % масс. от сырья.

Таблица 2.5

Физико-химические характеристики некоторых веществ

Соединение	Молекулярная масса	Плотность ρ_4^{20} , кг/м ³	Температура кипения, °С	Температура критическая K , °С	Критическое давление P , МПа
H ₂	2,016	0,09	-252,8	33,3	1,294
N ₂	28,0	1,25	-195,8	126,3	3,398
CO	28,0	1,25	-191,58	132,9	3,489
CO ₂	44,0	1,96	-78,5	304,3	7,381
H ₂ S	34,1	2,56	-60,3	373,6	9,007
O ₂	32,0	1,43	-18	154,8	5,08
SO ₂	64,0	2,86	-10	430,6	7,893
H ₂ O	18,0	1000	100	647,4	22,12
Черный соляр 1	180	758	250	681,4	1,66
Черный соляр 2	210	794	560	721,8	1,54

Количество углеводородных газов и паров соляра в отходящих газах процесса окисления зависит от температуры окисления, содержания легких фракций в сырье, расхода воздуха. Количество углеводородных газов, образующихся в процессе окисления, кг/ч, принимают равным 1–2 % масс., что составит

$$G_{y.g} = K_1 \cdot G_f / 100, \quad (2.11)$$

где K_1 – объём углеводородных газов, % масс.

Расчет жидких продуктов в составе отгона, кг/ч, производится с учётом соблюдения материального баланса:

$$G_{ж} = K_2 \cdot G_f / 100, \quad (2.12)$$

где K_2 – объём отгона, % масс.

Физико-химические характеристики некоторых веществ приведены в табл. 2.5 [13].

2.4. Тепловой баланс окислительной колонны

Цель расчета теплового баланса колонны – определение избыточного тепла, которое необходимо отводить циркуляционным орошением или подбором необходимой температуры ввода сырья в колонну.

Приход тепла:

1. Тепло с сырьем, кДж/ч, определяется по формуле [18]

$$Q_c = G_f \cdot t \cdot c_2, \quad (2.13)$$

где c_2 – теплоёмкость гудрона, кДж/(кг·К), на входе в колонну $c_2 = 2,0$ кДж/(кг·К); t – температура сырья на входе в колонну, °С.

2. Тепло, выделяющееся при окислении гудрона, кДж/ч,

$$Q_p = I \cdot G_f, \quad (2.14)$$

где I – энтальпия окисления гудрона, кДж/кг.

Энтальпия окисления гудрона определяется по рис. 2.3, с учётом температуры размягчения получаемого битума и температуры процесса окисления.

3. Тепло с воздухом на окисление

$$Q_{возд} = G_{возд} \cdot c_{возд} \cdot t_{возд}, \quad (2.15)$$

где $t_{возд}$ – температура воздуха, идущего на окисление, °С; $c_{возд}$ – теплоемкость воздуха при $t_{возд}$, кДж/(кг·К), $c_{возд} = 1,023$ кДж/(кг·К) при $t_{возд} = 50$ °С.

Всего приход тепла, кДж/ч,

$$Q_{\text{приход}} = Q_c + Q_p + Q_{\text{возд}} \cdot \quad (2.16)$$

Расход тепла:

1. Тепло с битумом, кДж/ч, [17]

$$Q_b = G_b \cdot t \cdot c_b, \quad (2.17)$$

где c_b – теплоемкость битума, кДж/(кг·К), $c_b = 2,1$; t – температура процесса окисления, °С.

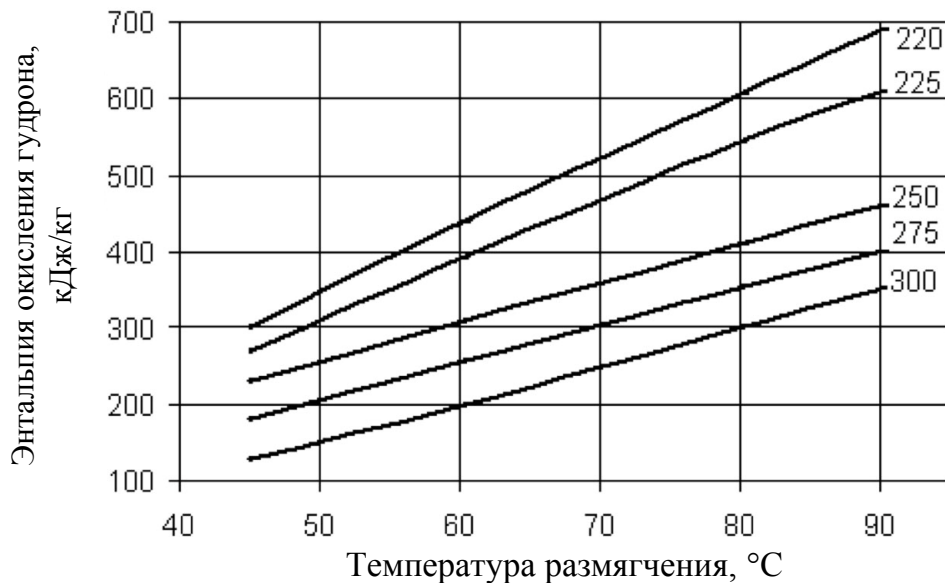


Рис. 2.4. Зависимость теплового эффекта окисления гудрона от достигаемой температуры размягчения битума при различной температуре окисления гудрона: 220, 225, 250, 275, 300 °С

2. Тепло, уходящее с газами окисления и с отгоном, [13]

$$Q_{g.o} = \Sigma G_i \cdot c_i \cdot t, \quad (2.18)$$

где G_i – количество отдельных составляющих газов окисления, кг/ч; c_i – теплоемкость отдельных составляющих газов окисления, кДж/(кг·К), $c_i = 1,26$; t – температура процесса окисления, °С; или по формуле [13]

$$Q_{g.o} = \Sigma G_i \cdot I_i, \quad (2.19)$$

где I_i – энтальпия отдельных составляющих газов окисления, кДж/кг.

Энтальпия составляющих вычисляется по формуле

$$I_i = (a + b \cdot t) \cdot t. \quad (2.20)$$

где a, b – коэффициенты, значения которых приведены в табл. 2.6.

Энтальпия углеводородов (отгона) $I_{yв}$, кДж/кг, определяется при температуре верха колонны и плотности отгона по следующим уравнениям:

– энтальпия жидких нефтепродуктов, кДж/кг,

$$I_{жс} = \frac{1,689 \cdot t + 0,0017 \cdot t^2}{\sqrt{0,9943 \cdot \rho_4^{20} + 0,00915}}, \quad (2.21)$$

где ρ_4^{20} – плотность жидкости при температуре 20 °С, отнесенная к плотности воды при 4 °С; t – температура, при которой определяется энтальпия, °С;

– для углеводородных газов и паров при невысоких давлениях

$$I_{г} = (210 + 0,457 \cdot t + 0,000584 \cdot t^2) \cdot (4,013 - \rho_4) - 309. \quad (2.22)$$

Потери тепла в окружающую среду $Q_{ном}$ принимаются в количестве 5–10 % от количества тепла, приходящего в колонну:

$$Q_{ном} = \alpha \cdot S \cdot (t_c - t_0), \quad (2.23)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, кДж/(м²·ч·К), можно принять $\alpha=25$ кДж/(м²·ч·К); S – теплопередающая поверхность, м²; t_c – температура на наружной оболочке, °С; t_0 – температура окружающей среды, °С.

Таблица 2.6

Коэффициенты для расчета энтальпии составляющих газов окисления

Вещество	a	$b \cdot 10^{-4}$
Кислород	0,909	1,5
Азот	1,014	1,21
Углекислый газ	0,845	3,93
Водяной пар	1,944	1,00

Всего расход тепла составляет, кДж/кг,

$$Q_{рас} = Q_{б} + Q_{г.о} + Q_{ном}. \quad (2.24)$$

Определение температуры сырья на входе в колонну

Температура сырья на входе в колонну вычисляется, исходя из равенства прихода и расхода тепла, то есть по формуле $Q_{прих} = Q_{рас}$, или

$$(G_f \cdot t \cdot c) + Q_p = Q_{б} + Q_{г.о} + (0,05 \div 0,1) \cdot (G_f \cdot t \cdot c) + Q_p. \quad (2.25)$$

Если имеет место избыток тепла ($Q_{изб} = Q_{прих} - Q_{рас}$), то его можно снять разными способами:

1. Циркуляционным орошением. Количество циркуляционного орошения вычисляется по формуле

$$G_{цо} = \frac{Q_{изб}}{I_1 - I_2}, \quad (2.26)$$

где I_1 и I_2 – энтальпии смеси при температурах вывода и ввода орошения.

2. За счет снижения температуры сырья, входящего в колонну окисления:

$$Q_{изб} = G_f \cdot (I_{ок} - I_{сыр}). \quad (2.27)$$

Отсюда

$$I_{сыр} = \frac{I_{ок} - Q_{изб}}{G_f}, \quad (2.28)$$

3. Путем подачи холодной воды (в количестве $G_в$) через распылитель на верх окислительной колонны. Зная значения энтальпий подаваемой воды $I_в$ и полученного водяного пара I в окислительной колонне, можно рассчитать расход воды для охлаждения:

$$G_в = \frac{Q_{изб}}{I_{вп} - I_в}. \quad (2.29)$$

Образующийся при этом водяной пар разбавляет отгон, снижая в нем относительное содержание кислорода, поэтому съем избыточного тепла подачей воды целесообразнее при получении строительных битумов в окислительной колонне, когда в отгоне содержание свободного кислорода может превышать 5 % масс.

2.5. Определение геометрических размеров окислительной колонны

Реакционный объем окислительной колонны определяется по производительности колонны по исходному сырью и объемной скорости ее подачи [13]:

$$V_p = \frac{G_f}{\rho_f \cdot w}, \quad (2.30)$$

где ρ_f – плотность сырья, кг/м³; w – объемная скорость подачи сырья, ч⁻¹.

Площадь поперечного сечения колонны S , м^2 , вычисляется по формуле

$$S = \pi \cdot D^2 / 4, \quad (2.31)$$

где D – диаметр колонны, принимаемый равным от 1 до 3 м.

Полезная высота слоя окисления, м,

$$h_1 = V_p / S. \quad (2.32)$$

Рекомендуется, чтобы полезная высота колонны была не менее 10 м, а отношение H/D – не менее 3.

Высота газового пространства, м,

$$h_2 = D / 2. \quad (2.33)$$

Общая высота колонны, м,

$$H = h_1 + h_2. \quad (2.34)$$

Во избежание уноса капель жидкости высота газового пространства под уровнем жидкости не должна быть менее 4 м. Отношение H/D проверяется по данным рис. 2.5.

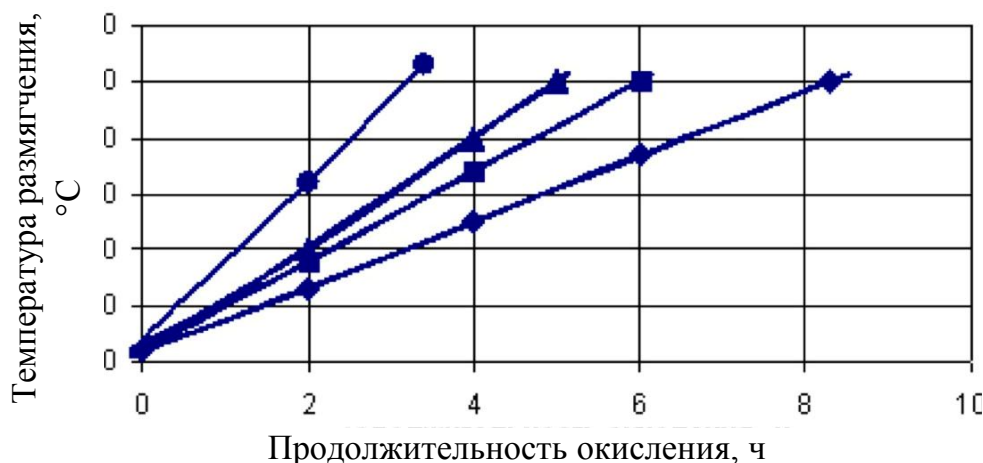


Рис. 2.5. Зависимость температуры размягчения битума от продолжительности окисления при различном соотношении высоты окислительной колонны к диаметру:

◆ – $H/D = 1$; ■ – $H/D = 2$; ▲ – $H/D = 3$; ● – $H/D = 4$

Для проверки рассчитанного диаметра окислительной колонны необходимо определить по скорости подачи воздуха скорость паров и газов, покидающих колонну.

В условиях процесса скорость подачи воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$,

$$V_{\text{возд}} = \frac{G_{\text{возд}}}{\rho_{\text{возд}}} \cdot \frac{t + 273}{273} \cdot \frac{0,1}{3600 \rho_{\text{возд}}}. \quad (2.35)$$

Линейная скорость воздуха, $\text{м}/\text{с}$,

$$U_{\text{возд}} = V_{\text{возд}} / S. \quad (2.36)$$

Если расчетная скорость в колонне не превышает допустимой скорости, равной 0,1 – 0,12 м/с, то диаметр колонны принят верно. Если же фактическая линейная скорость в колонне превышает значения допустимой скорости, то размеры окислительной колонны необходимо пересчитать.

2.6. Конструкция колонны и условия эксплуатации

Проектируемая колонна предназначена для производства окисленных битумов. Колонна состоит из цельносварного корпуса. Кроме этого в колонне имеются штуцера, предназначенные для подвода сырья, вывода продукта, замера температуры и давления. Аппарат оборудован люками-лазами для ремонта и обслуживания.

Аппарат работает под давлением. Избыточное давление в аппарате около 0,5 МПа, диаметр аппарата – D , мм, рабочая температура – около 300 °С. Среда – битум. Условие работы аппарата – взрывоопасная среда и внутреннее давление. По условиям работы аппарат относится к I группе, поэтому процент контроля сварных швов принимается равным 100 % по ГОСТ 6996–86.

Расчетная температура T_R – это температура для определения физико-механических характеристик конструкционного материала и допускаемых напряжений. Она определяется на основании теплового расчета или результатов испытаний. Если при эксплуатации температура элемента аппарата может повыситься до температуры соприкасающейся с ним среды, расчетная температура принимается равной рабочей, но не менее 20 °С [13]. Проектируемый аппарат снабжен изоляцией, препятствующей охлаждению или нагреванию элементов аппаратов внешней средой. Рабочая температура аппарата $T = 300$ °С. Расчетная температура $T_p = 300$ °С.

Рабочее давление P – максимальное избыточное давление среды в аппарате при нормальном протекании технологического процесса без учета допускаемого кратковременного повышения давления во время действия предохранительного устройства, $P = 0,5$ МПа.

Расчетное давление P_R – максимальное допускаемое рабочее давление, на которое производится расчет на прочность и устойчивость элементов аппарата при их максимальной температуре. Как правило, расчетное давление может равняться рабочему давлению.

Расчетное давление может быть выше рабочего в следующих случаях: если во время действия предохранительных устройств давление в аппарате может повыситься более чем на 10 % от рабочего, то расчетное давление должно быть равно 90 % от давления в аппарате при полном открытии предохранительного устройства; если на элемент действует гидростатическое давление от столба жидкости в аппарате, значение которого свыше 5 % расчетного, то расчетное давление для этого элемента соответственно повышается на значение гидростатического давления.

Поскольку аппарат снабжен предохранительным клапаном и рабочее давление $P > 0,07$ МПа,

$$P_{R1} = 1,1 \cdot P, \quad (2.37)$$

где P – рабочее давление, МПа.

Пробное давление для испытания аппарата определяется по формуле [13]

$$P_{np} = 1,25 \cdot P_{R1} \cdot \frac{[\sigma]^{20}}{[\sigma]^{tR}}, \quad (2.38)$$

где $[\sigma]^{20}$ – допускаемое напряжение материала при 20 °С, МПа; $[\sigma]^{tR}$ – допускаемое напряжение материала при расчетной температуре $T_p = 300$ °С, МПа.

Условное давление $P_{усл}$, МПа, для выбора узлов и фланцевых соединений определим по формуле

$$P_{усл} \geq P_{R1} \frac{[\sigma]^{20}}{[\sigma]^{tR}}. \quad (2.39)$$

По условиям работы аппарата, как в рабочих условиях, так и в условиях монтажа, ремонта, нагрузок от веса и ветровых нагрузок, выбираем сталь 16ГС – область применения от – 40 °С до +475 °С, по давлению не ограничена. По ОСТ 26-291–94, ГОСТ 5520–89 можно выбрать сталь 16ГС. Допускаемое напряжение $[\sigma]$, МПа, для стали 16ГС с толщиной стенки свыше 18 мм при $T_p = 300$ °С по ГОСТ 14249–89 составляет $[\sigma]^{20} = 170$ МПа, $[\sigma]^{300} = 134$ МПа.

Расчетное значение модуля продольной упругости $E = 1,75 \cdot 10^5$ МПа.

Прибавки к расчетным толщинам конструктивных элементов: прибавку на коррозию металла принимаем равной $c_1 = 3$ мм, прибавка на минусовое значение по толщине листа составляет $c_2 = 0,3$ мм. Корпус имеет продольные и кольцевые сварные швы. Для его сборки

применяется автоматическая сварка под слоем флюса со сплошным проваром. Для корпуса аппарата выбираем стыковые швы.

Значение коэффициента прочности сварных швов φ можно принять равным 0,85.

2.7. Расчет на прочность и устойчивость корпуса

2.7.1. Расчет обечайки, нагруженной внутренним избыточным давлением

Цель расчета: расчет на прочность, определение толщины стенки аппарата, удовлетворяющая условиям прочности.

Исходные данные для расчета:

- расчетное давление P_R , МПа;
- диаметр колонны D , мм;
- допускаемое напряжение $[\sigma]$, МПа, при T °С;
- коэффициент прочности сварного шва φ ;
- общая прибавка к толщине металла c , мм.

Толщина стенки аппарата определяется по формулам [13]

$$s_R = \frac{P_{R1} \cdot D}{2[\sigma] \cdot \varphi - P_{R1}}; \quad (2.40)$$

$$s \geq s_R + c, \quad (2.41)$$

где s_R – расчётная толщина стенки, м; s – исполнительная толщина стенки, м; D – внутренний диаметр аппарата, м.

Исполнительная толщина стенки сосуда s принимается, а допускаемое внутреннее избыточное давление для обечайки $[p]$, МПа, рассчитывается по формуле

$$[p] = \frac{2\varphi \cdot [\sigma] \cdot (s - c)}{D + (s - c)}. \quad (2.42)$$

Условие применения расчетных формул [12]:

$$\frac{s - c}{D} \leq 0,1. \quad (2.43)$$

2.7.2. Расчёт днищ

Цель расчета: расчет на прочность, определение толщины эллиптического днища, удовлетворяющего условию прочности.

Расчетная схема эллиптического днища приведена на рис. 2.6.

Исходные данные для расчета:

- расчетное давление P_R , МПа;
- диаметр колонны D , мм;
- допускаемое напряжение $[\sigma]$, МПа, при T , °С;
- коэффициент прочности сварного шва φ ;
- общая прибавка к толщине металла c , мм.

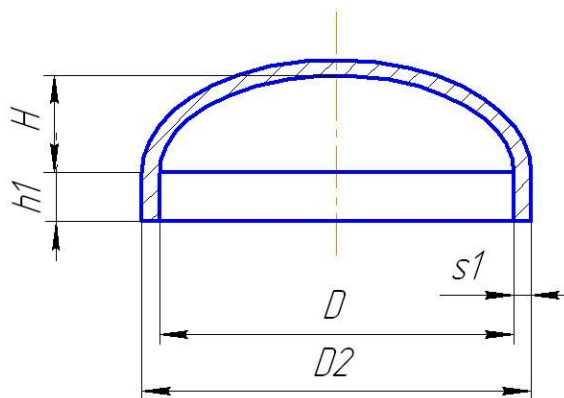


Рис. 2.6. Днище

Для данной обечайки выбираются эллиптические отбортованные днища. Толщина стенки днища определяется по формулам [13]

$$s_d = \frac{P_{R1} \cdot R}{2[\sigma] \cdot \varphi - 0,5P_R}; \quad (2.44)$$

$$s \geq s_d + c, \quad (2.45)$$

где R – радиус кривизны в вершине днища, м; $R = D$ – для эллиптических днищ с $H = 0,25 \cdot D$.

Толщину днища принимают по толщине листа стандартного значения.

Допускаемое внутреннее избыточное давление для днища, МПа, определяется по формуле

$$[P] = \frac{2 \cdot \varphi [\sigma] \cdot (s_1 - c)}{R + 0,5 \cdot (s_1 - c)}. \quad (2.46)$$

Условие применения расчетных формул для эллиптических днищ [13]:

$$0,002 \leq \frac{s_1 \cdot c}{D} \leq 0,100. \quad (2.47)$$

Длина цилиндрической отбортованной части днища, м,

$$h_1 > 0,8 \sqrt{D \cdot (s_1 - c)}. \quad (2.48)$$

2.7.3. Расчет обечайки, нагруженной наружным давлением

Исходные данные для расчета:

- расчетное наружное давление P , МПа;
- диаметр колонны D , мм;
- допускаемое напряжение $[\sigma]$, МПа, при T , °С;
- коэффициент прочности сварного шва φ ;
- общая прибавка к толщине металла c , мм.
- модуль продольной упругости E , МПа, при расчетной температуре;
- внутреннее избыточное давление при гидроиспытании P_{np} , МПа;
- длина цилиндрической обечайки L_0 , мм
- толщина стенки s , мм, определена ранее.

Так как толщина стенки была определена ранее, то выполняем расчет по допускаемому наружному давлению:

$$[p] = \frac{\alpha \cdot [p]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[p]_p}{[p]_E}\right)^2}}, \quad (2.49)$$

где $[p]_p$ – допускаемое давление, соответствующее условию прочности, МПа,

$$[p]_p = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (s - c)}{D + 0,5 \cdot (s - c)}. \quad (2.50)$$

Допускаемое давление из условий устойчивости в пределах упругих деформаций, МПа,

$$[p]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot E \cdot D}{n_u \cdot B_1} \cdot \left(\frac{100 \cdot (s - c)}{D}\right)^{2,6}, \quad (2.51)$$

где n_u – коэффициент запаса устойчивости; B_1 – коэффициент, определяемый по формуле

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 9,95 \cdot \frac{D}{l} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (s - c)}} \right\}, \quad (2.52)$$

где l – длина, м.

$$l = L_0 + 2 \cdot h_1 + 2 \cdot \frac{H_D}{3}, \quad (2.53)$$

где L_0 – длина цилиндрической части корпуса, мм; h_1 – высота отбортовки днища, мм; H_D – высота выпуклой части днища без учёта цилиндрической части, мм.

2.8. Расчет холодильника битумного (змеевика)

Холодильники на битумных установках используют для регулирования температуры окисления и охлаждения готового продукта перед подачей в резервуар.

На Херсонском НПЗ на кубовой батарее непрерывного действия установлен оросительный холодильник. Эксплуатация такого холодильника связана со следующими неудобствами: на внешней поверхности трубок образуется накипь и постепенно ухудшается теплопередача.

На Батумском, Новоярославском, Новоуфимском и некоторых других НПЗ для охлаждения сырья или битума используют водяные погружные однопоточные холодильники. Змеевик холодильника расположен в металлическом ящике или бетонированном котловане. Для предупреждения застывания битума на внутренней поверхности труб и резкого снижения по этой причине коэффициента теплопередачи рекомендуется температуру воды в холодильнике поддерживать не ниже 60–100 °С (в зависимости от марки битума), а перед включением холодильника в работу разогреть воду открытым паром [11]. Эксплуатация таких холодильников, особенно при получении строительных битумов, связана с постоянной опасностью застывания продукта.

Известно использование в качестве воздушных холодильников трубчатых змеевиковых реакторов. Например, на Киришском и Сызранском НПЗ с вводом в эксплуатацию более эффективных окислительных аппаратов-колонн высвободившиеся трубчатые реакторы стали использовать для охлаждения продукта, направляемого в резервуары.

Используют на битумных установках и типовой воздушный холодильник АВГ-ВВ, разработанный для охлаждения высоковязких продуктов. Холодильник представляет собой пучок горизонтально расположенных труб диаметром 80 мм, которые охлаждаются воздухом. Для интенсификации охлаждения предусмотрен принудительный обдув трубок при помощи вентилятора, расположенного

непосредственно под холодильником. Для разогрева холодильника предусмотрена подача пара по трубам, расположенным в центре каждой рабочей трубки холодильника. Недостаток холодильника – слишком быстрое охлаждение продукта, что приводит к застыванию битума, особенно строительного. В последнем случае разогрев холодильника водяным паром может быть неэффективным. Тем не менее опыт эксплуатации холодильников АВГ-ВВ на Киришском, Омском и Хабаровском НПЗ показывает, что при обеспечении постоянного потока битума через холодильник он работает достаточно удовлетворительно. Во избежание застывания битума в зимнее время закрывают жалюзи, что позволяет при выключенных вентиляторах сохранять теплый воздух в объеме секций или через холодильник рециркулируют теплый воздух. Охлаждающий воздух предварительно можно подогреть паром [1].

Как показали наши наблюдения, режим охлаждения должен поддерживаться таким, чтобы температура охлажденного битума была не ниже 180 – 190 °С. Это обеспечивает работоспособность холодильника, а большей степени охлаждения практически не требуется. Надежность работы холодильника повышается, если трубки разогревать не водяным паром, а жидким органическим теплоносителем, рабочая температура которого достигает 260–280 °С.

Тепло экзотермической реакции окисления можно утилизировать, сочетая охлаждение продукта с нагревом сырья. С этой целью используют теплообменники типа «труба в трубе» (поверхность теплообмена примерно 150 м²); для более полной утилизации тепла и облегчения чистки теплообменника по трубному пространству следует направлять битум, а по межтрубному – гудрон. Для предупреждения разгерметизации необходимо предусматривать теплокомпенсаторы.

На зарубежных битумных установках тепло битума, откачиваемого из окислительного аппарата, используют для производства водяного пара.

Отсутствие холодильников или теплообменников на установках приводит к снижению эффективности работы окислительных аппаратов, так как требуется снижать температуру окисления до 240 – 250 °С (температура, с которой в резервуар поступает продукт, не должна быть выше 230 °С; от 250 до 230 °С он охлаждается в трубопроводе за счет тепловых потерь). В связи с этим оснащение

битумных установок холодильниками или теплообменниками должно быть практически обязательным [11].

Погружной холодильник представляет собой непрерывный или коллекторный змеевик, погруженный в ящик. Трубы змеевика соединяются между собой съемными калачами. Через змеевик пропускается продукт, а через ящик – воздух технический.

Битум выходит с низа колонны с температурой $t_1 = 250\text{ }^\circ\text{C}$ и охлаждается в холодильнике до температуры $t_2 = 180\text{ }^\circ\text{C}$

$$250\text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 180\text{ }^\circ\text{C}$$

Начальная температура воздуха в холодильнике $t_H^6 = 20\text{ }^\circ\text{C}$, конечная температура $t_K^6 = 60\text{ }^\circ\text{C}$:

$$60\text{ }^\circ\text{C} \leftarrow 20\text{ }^\circ\text{C}.$$

Составляем тепловой баланс воздушного холодильника и определяем объем воздуха, необходимого для охлаждения всего потока битума:

$$Q = Q_{\text{бит}} = Q_{\text{возд}}; \quad (2.54)$$

$$Q_{\text{бит}} = G_{\text{бит}} (I_{250}^{\text{бит}} - I_{180}^{\text{бит}}); \quad (2.55)$$

$$Q_{\text{возд}} = V_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}} (t_K^6 - t_H^6), \quad (2.56)$$

где $I_{250}^{\text{бит}}$, $I_{180}^{\text{бит}}$ – энтальпия битума при температуре 250 и 180 °C соответственно, $I_{250}^{\text{бит}} = 528,80$ кДж/кг и $I_{180}^{\text{бит}} = 359,05$ кДж/кг.

Определяем поверхность теплообмена:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}}, \quad (2.57)$$

где k – коэффициент теплопередачи, ккал/(м²·ч·К), $k = 8\text{--}12$ ккал/(м²·ч·К); Δt_{cp} – средний суммарный перепад температуры, °C:

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\text{бит}} - \Delta t_{\text{возд}}}{2}, \quad (2.58)$$

где $\Delta t_{\text{бит}}$ – средняя температура битума, °C; $\Delta t_{\text{возд}}$ – средняя температура воздуха, °C,

$$\Delta t_{\text{бит}} = \frac{t_1 + t_2}{2}; \quad (2.59)$$

$$\Delta t_{\text{возд}} = \frac{t_K^6 - t_H^6}{2}. \quad (2.60)$$

По каталогу оборудования выбирается стандартный охладитель.

2.9. Расчёт количества ёмкостей для загрузки битумов

Полученный в окислительных аппаратах битум перед сливом в транспортные средства или мелкую тару какое-то время (необходимое для проведения паспортного анализа и до подхода транспортных средств) хранится в горячем жидком состоянии в резервуарах. Резервуары (ёмкости) с целью сокращения затрат на перекачивание располагают возможно ближе к окислительному узлу (резервуарный парк).

Хранят битумы в основном в типовых стальных резервуарах вместимостью около 400 м^3 , диаметром 8 м, высотой 9 м. Резервуары снабжены теплоизоляцией, но, как правило, не имеют средств обогрева (на битумной установке Павлодарского НПЗ в нижней части резервуаров под тепловой изоляцией расположен паровой змеевик, обогрев паром замедляет остывание битума).

В резервуарах хранят как дорожные, так и строительные битумы; для обеспечения слива битумов самотеком резервуары возводят на постаменте. В отдельных случаях используют наземные резервуары вместимостью примерно 700 и 1000 м^3 (Хабаровский и Новогорьковский НПЗ), предназначенные для хранения менее вязких продуктов и не оснащенные средствами обогрева. В случае перевода установки на непрерывную схему окисления (в трубчатых реакторах или колоннах) хранят битумы также в высвободившихся окислительных кубах. Наконец, рубраксы и другие высокоплавкие битумы, получаемые в кубах периодического действия разной ёмкости, хранят до слива непосредственно в кубах.

Общая вместимость резервуаров на установках производительностью 400–700 тыс. т в год составляет 4–8 тыс. м^3 .

На мпоготоннажных зарубежных битумных установках используют резервуары большей вместимости – 3; 2; 5; $15,9 \text{ тыс. м}^3$; в основном это наземные вертикальные теплоизолированные резервуары, оборудованные системой обогрева. Общая ёмкость резервуаров также выше; например, для установки производительностью 400 тыс. т в год разных сортов битумов она составляет 25 тыс. м^3 [11]. Для повышения безопасности хранения битумов резервуары иногда оборудуют системой подачи инертного газа.

Увеличение вместимости отдельных резервуаров сокращает их число и упрощает тем самым обслуживание, а увеличение общей вместимости резервуарного парка практически делает независимой

работу установки от неритмичности отгрузки и позволяет вести отгрузку крупными партиями.

Для отечественных НПЗ разработаны технические проекты резервуаров с конической крышей на 1, 2 и 3 тыс. м³ (диаметр соответственно 12, 15 и 19 м, высота 9, 12 и 12 м; разработчик – ЦНИИпроектстальконструкция. Резервуары предназначены для хранения битумов при 165–240 °С; предусмотрен внутренний обогрев.

Таким образом, для повышения эффективности битумных установок следует увеличивать их резервуарный парк и использовать резервуары повышенной вместимости.

Компрессоры. На битумных установках воздух в окислительные аппараты подается с помощью компрессоров разных марок: 2СГ-4, 305ВП-40/3, 305ВП-50/8, ВП-50/8, ВП-50/8М, ЦК-135/8 и др. Компрессоры типа СГ производительностью 1560 м³/ч применяют на старых установках, а на новых устанавливают компрессоры типа ВП производительностью до 3000 м³/ч (на новой установке Павлодарского НПЗ используют компрессоры типа ЦК производительностью 8100 м³/ч).

2.10. Подбор насосов

Перекачка жидких продуктов осуществляется с помощью насосов. Для перекачивания битумов обычно используют поршневые паровые насосы, которые устанавливают в закрытых помещениях. На старых битумных установках – насосы типа 4ПТ, 1НПНС, НПН–10, на новых – ПДГ–25/40, ПДГ–40/30, ПДГ–125/30 и ПДГ–125/40.

Опыт эксплуатации паровых поршневых насосов для перекачивания сырья, дорожных и строительных битумов показал их приемлемость. При производстве высокоплавких битумов стараются избегать их перекачивания. Кубы располагают на постаменте, битумы сливаются самотеком. При необходимости транспортирования битума насос обогревают: к рабочей части насоса приваривают рубашку для водяного пара (Уфимский НПЗ) или вплотную к рабочей части монтируют пустотелые коробки для теплоносителя (Херсонский НПЗ). Обогрев позволяет устанавливать насосы на открытом воздухе.

Центробежные насосы с электроприводом проще в эксплуатации и менее энергоемки. Использование центробежных насосов для перекачивания гудрона практикуется широко. Накоплен также

положительный опыт эксплуатации центробежных насосов для перекачивания дорожного битума (Хабаровский и Киришский НПЗ). При охлаждении центробежный насос теряет способность продавливать продукт по трубопроводу, что особенно опасно при перекачивании строительных битумов. Поэтому на битумной установке Мозырского завода наряду с использованием центробежных насосов типа НК в качестве основных предусмотрены паровые поршневые насосы в качестве резервных. Перед пуском центробежного насоса трубопроводы следует «прокачивать» горячей дизельной фракцией. Опыт эксплуатации центробежных насосов в открытой насосной в условиях суровой зимы 1978–1979 гг. показал их пригодность для перекачивания строительных битумов [11]. Опыт эксплуатации центробежных насосов с обогревом заслуживает распространения.

На зарубежных битумных установках для перекачивания битумов обычно используют ротационные шестеренчатые насосы с электрическим приводом [12]. Насосы в основном имеют обогрев – паровую рубашку [2] или электронагревательный кожух.

По принципу действия насосы делятся на динамические (лопастные), в которых перемещение жидкости производится за счет энергии лопасти вращающегося колеса, и объёмные, в которых жидкость перемещается отдельными объёмами.

Динамические насосы подразделяются на центробежные, центробежно-вихревые, вихревые, осевые и диагональные, а объёмные – на поршневые, плунжерные, винтовые, шестеренчатые, коловратные и др. По роду перекачиваемой жидкости насосы делятся на нефтяные – перекачивающие нефть и нефтепродукты, химические – перекачивающие химически активные жидкости (кислоты, щёлочи, кислые гудроны и др.), общего назначения – перекачивающие воду, неагрессивные растворы химических веществ, очищенные стоки и другие жидкости.

Наиболее широко применяются центробежные, плунжерные, шестеренчатые, винтовые насосы.

Расчет и выбор насоса состоит из следующих этапов;

- расчет расхода, температуры, плотности и вязкости перекачиваемой жидкости;
- определение напора во всасывающей ($h_{вс}$) и нагнетательной ($h_{нагн}$) линиях;

– расчет необходимого дифференциального напора насоса $H = h_{нагн} - h_{вс}$;

– подбор насоса по расходу и дифференциальному напору с учётом физико-химических свойств и коррозионной активности жидкости (при подборе используются справочники, каталоги и номенклатурные перечни машиностроительных заводов).

Учитывая возможные отклонения реальных характеристик насосов от справочных данных, дифференциальный напор принимают на 5–10 % выше расчётного.

Мощность N , потребляемая насосом, определяется по его характеристике или расчетным путем. Как правило, в справочных данных указывается мощность, потребляемая насосом при перекачивании жидкости с плотностью 1 т/м^3 . При перекачивании жидкостей, отличающихся по плотности от воды, потребляемая мощность, кВт, пересчитывается по соотношению $N_1/N_2 = \rho_1/\rho_2$ или определяется по формуле [12]

$$N = Q \cdot H \cdot \rho / 367 \cdot \eta. \quad (2.61)$$

После определения мощности, потребляемой насосом, рассчитывается мощность электропривода:

$$N_э = k \cdot N, \quad (2.62)$$

где k – коэффициент запаса, который определяется в зависимости от значений потребляемой мощности (табл. 2.7).

При выборе насоса необходимо, чтобы область его применения находилась в зоне наибольших значений КПД.

Таблица 2.7

Зависимость коэффициента запаса от значений потребляемой мощности

N , кВт	20	20–50	50–300	Выше 300
k	1,25	1,2	1,15	1,1

Определяется производительность насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$ [12]:

$$Q = G_f / \rho^1. \quad (2.63)$$

Подбор насосов осуществляется, исходя из производственных характеристик установки по производству окисленных битумов, технологических характеристик процесса и заводских данных по каталогу.

Контрольные вопросы

1. С какой целью составляется материальный баланс окислительной колонны?
2. Основные элементы установки для получения битума окислением.
3. Что является исходными данными для расчёта окислительной колонны?
4. С какой целью составляется тепловой баланс окислительной колонны?
5. Основные характеристики окислительной колонны.
6. От чего зависит расход воздуха для окисления?
7. На что влияет изменение температуры сырья на входе в колонну?
8. Назовите режимы окисления.

3. БИТУМОХРАНИЛИЩА

3.1. Основные размеры битумохранилищ

Размеры битумохранилища определяют исходя из вместимости Q . Колодец должен вмещать битума не меньше, чем его расходуют за рабочую смену. При определении размера колодца исходят из высоты h_6 от дна колодца до уровня битума в большом резервуаре. Высоту эту обычно принимают равной 1–1,5 м. При расчете принимают, что приток битума в колодец из большого резервуара отсутствует [2].

Варианты заданий для практических расчётов приведены в прил. 2.

Принимают, что расход P за смену 1 т битума при температуре 25 °С имеет объем 1 м³, коэффициент его расширения $\alpha = 0,0017$. Увеличение объема, м³, битума при повышении рабочей температуры до 180 °С

$$\Delta V = 0,0017(t - 25^\circ)P, \quad (3.1)$$

где $t=180$ °С.

При рабочей температуре объем битума, расходуемого за смену, м³,

$$V_t = P[0,0017(t - 25^\circ) + 1]. \quad (3.2)$$

Объем колодца, м³,

$$V_k = V_t. \quad (3.3)$$

При квадратном сечении колодца $V_k = a^2 H$, откуда

$$a = \sqrt{V_k / H}. \quad (3.4)$$

Количество битума, находящегося в колодце, незначительно и составляет не более 1–2 % общего объема битумохранилища. Поэтому при дальнейших расчетах исходят из общей вместимости битумохранилища Q , т. Тогда объем битума, м³, находящегося в большом резервуаре при температуре текучести (60 °С),

$$V_{рез} = Q[0,0017(60^\circ - 25^\circ) + 1]. \quad (3.5)$$

Основные внутренние размеры битумохранилища: глубину H , длину L и ширину B определяют исходя из объема битума, находящегося в большом резервуаре, $V_{рез}$. Высоту h_6 не рекомендуется брать меньше 1–1,5 м. Верхний край резервуара должен возвышаться над уровнем битума на 0,2–0,3 м.

3.2. Расчет параметров битумного насоса

На битумных базах и асфальтобетонных заводах битум транспортируется по трубам. Перекачку битума осуществляют насосы с внешним зацеплением (рис. 3.1). В процессе транспортирования битума по трубам его температура снижается, а вязкость повышается. Целесообразно битум перекачивать при температуре не ниже 90 °С. При температуре около 100 °С обводненный битум перекачивать трудно [1, 2, 15]. Насос перекачивает значительную часть паров воды. Битумные насосы обогревают паром или горячим маслом, которые подаются в специальные полости в корпусе битумного насоса, или насосом, установленным непосредственно в перекачиваемом горячем битуме. Поскольку битум, особенно обводненный, плохо всасывается битумными насосами, сопротивление входных патрубков должно быть как можно меньше, а насосы необходимо располагать на уровне днища цистерны. Для битумохранилищ применяют погружаемые насосы с приводом через трансмиссионный вал от электродвигателя. Существует внутренний и наружный обогревы трубопроводов. При наружном обогреве трубопроводы для подачи битума имеют наружную рубашку для обогрева и теплоизоляцию. Для обогрева битумопроводов часто применяют пар.

Для перекачки битума из битумохранилища в битумоплавильные агрегаты и из них в асфальтосмесители применяют битумные шестеренные насосы [1]. Битумный насос (см. рис. 3.1) состоит из чугунного корпуса 1 и двух цилиндрических шестерен 2, одна из которых укреплена на приводном валу 3 шпонкой 4. При вращении шестерен битум засасывается через верхнее отверстие и подается к горловине в нижней части насоса в напорную магистраль. Чтобы предотвратить застывание битума в насосе, корпус насоса подогревают паром, подводимым в паровую рубашку 5. При отсутствии пара обогревать насос мож-

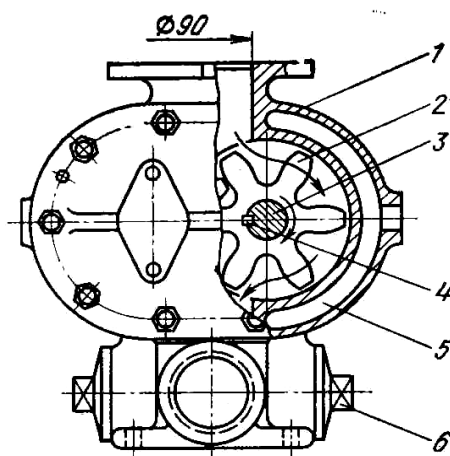


Рис. 3.1. Битумный насос низкого давления:
1 – корпус насоса; 2 – шестерня; 3 –
приводной вал; 4 – шпонка; 5 – паровая
рубашка; 6 – заглушка

но с помощью электроэнергии. Для этого в паровую рубашку вставляют электрическую спираль большого сопротивления мощностью 0,5 – 1 кВт.

Горловина в нижней части корпуса насоса имеет четыре взаимно перпендикулярные отверстия с резьбой. Напорную магистраль можно присоединить к любому из этих отверстий; через два других отверстия проходит паровая труба; в четвертое отверстие заворачивают заглушку 6. Насос может работать также при засасывании через любое нижнее отверстие и нагнетании в верхнее, для чего нужно изменить направление вращения приводного вала.

Привод насоса осуществляется от любого двигателя мощностью не менее 4,5 кВт через ременную передачу или через редуктор. Шестерни насоса при 200–300 мин⁻¹ создают давление от 0,6 МПа, подача насоса 350–400 л/мин [2].

Диаметр трубопроводов определяют по заданной скорости движения битума по трубопроводу v , м/с. При применении битумных насосов низкого давления (до 0,5 МПа) скорость движения битума по трубопроводу принимают равной 3–4 м/с, при применении битумных насосов высокого давления (до 2,5 МПа) скорость движения битума 5–6 м/с.

Внутренний диаметр, м, битумопровода [2]

$$d = \sqrt{4\Pi / \pi v}, \quad (3.6)$$

где Π – секундный расход битума (подача насоса), м³/с; v – скорость движения битума по битумопроводу, м/с.

Сопротивления битумопроводов движению битума зависят от вязкости битума и характера течения, определяемого числом Рейнольдса по формуле $Re = vd/\nu$.

При $Re < 2320$ режим движения битума ламинарный, при $2320 < Re < 13000$ режим движения битума неустойчивый, при $Re > 13000$ режим движения битума турбулентный. Для ламинарного режима потери давления, МПа, на 1 м длины трубопровода [1]

$$p_{mp} = 0,32\nu v / gd^2, \quad (3.7)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости битума, м²/с; g – ускорение свободного падения.

Кинематическую вязкость битума при температуре 180 °С можно принять равной 500 м²/с.

При выборе диаметров трубопровода необходимо учитывать, что чем больше диаметр трубы, тем меньше потери напора, и значит

меньше потребная мощность электродвигателя привода насоса. Поэтому не следует принимать диаметр меньше 50 мм.

Для турбулентного режима потери давления, МПа, на 1 м длины трубопровода

$$p_{mp} = 0,01\lambda v^2 / 2dg, \quad (3.8)$$

где λ – коэффициент сопротивления трубы, зависящий от шероховатости стенок и степени их загрязнения, при диаметре трубы 0,057 – 0,150 м для новых труб $\lambda = 0,0280 – 0,0237$, загрязненных – $\lambda = 0,0373 – 0,0311$, старых – $\lambda = 0,0506 – 0,0428$.

При общей длине битумопровода L , м, потери давления на трение в трубе, МПа,

$$p_n = Lp_{mp}. \quad (3.9)$$

Местные потери напора в кранах, коленах и фильтрах, м, [1, 2]

$$h_m = \xi 0,01v^2/2g, \quad (3.10)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления.

Коэффициент сопротивления ξ в коленах трубопровода зависит от угла поворота колена ($^\circ$). При угле поворота 20 и 180 $^\circ$ коэффициент ξ соответственно 0,09 и 3. Коэффициент сопротивления в отводах зависит от сопротивления диаметра трубы и радиуса отвода: при $d/R = 0,4$ $\xi = 0,14$, при $d/R = 2$ $\xi = 2$. Коэффициент сопротивления пробковых кранов в зависимости от угла α поворота проходного сечения пробки к оси трубы принимает следующие сечения: при $\alpha = 5^\circ$ $\xi = 0,05$; при $\alpha = 45^\circ$ $\xi = 31,2$; при $\alpha = 65^\circ$ $\xi = 486$. Для полностью открытого вентиля коэффициент сопротивления принимается $\xi = 0,6$.

Распределение заданных видов местных сопротивлений производится студентом самостоятельно.

Зная потери на трение в трубопроводе p_n , сумму местных сопротивлений Σh_m и высоту подачи битума или рабочее давление в битумопроводе $p_{p.д}$, находят давление битума, МПа, которое должен создавать насос [1, 2]:

$$p_p = 1,1(p_n + \Sigma h_m + p_{p.д}), \quad (3.11)$$

где 1,1 – коэффициент запаса.

Мощность двигателя, кВт, необходимая для привода насоса,

$$N = 9,81\rho p_p Q_m / 10\eta, \quad (3.12)$$

где p_p – давление битума, Па; ρ – плотность битума, кг/м³; Q_m – теоретическая подача насоса, м³/с; η – КПД передачи от двигателя к насосу, $\eta=0,8 - 0,85$.

Параметры насоса выбираются по подаче, задаются модулем, числом зубьев и частотой вращения шестерни. Модули шестерен битумных насосов принимают в пределах 10 – 20 мм.

Наружный D_n и начальный D_e диаметры шестерни насоса, мм:

$$D_n = m(z + 2); \quad (3.13)$$

$$D_e = m z, \quad (3.14)$$

где m – модуль зуба, мм; z – число зубьев шестерен, принимаемое равным 8, 10 или 12.

Частота вращения шестерни насоса, с⁻¹,

$$n = v_{ок} / \pi D_n, \quad (3.15)$$

где $v_{ок}$ – окружная скорость вершин зубьев шестерен, м/с, у битумных насосов $v_{ок}=1,5 - 2$ м/с при перекачивании битума температурой 90 – 95 °С и $v_{ок}=2 - 3,5$ м/с при перекачивании обезвоженного битума и подаче его под давлением.

Ширина шестерен, мм, [2]

$$B = k_g m, \quad (3.16)$$

где k_g – коэффициент ширины шестерен, $k_g = 8 - 12$.

Теоретическая подача битумного насоса, м³/мин,

$$Q_m = 7 \cdot 10^{-9} D_e m B n. \quad (3.17)$$

Действительная подача насоса, м³/мин,

$$Q_D = Q_m \eta_{об}, \quad (3.18)$$

где $\eta_{об}$ – объем КПД насоса.

Для насосов низкого давления, применяемых для перекачивания обводненного битума, $\eta_{об} = 0,7 - 0,75$, а для насосов высокого давления при подаче битума в смеситель $\eta_{об} = 0,9 - 0,95$.

3.3. Тепловой расчет битумохранилища

Включает в себя определение площади поверхности нагревателей, необходимой для нагрева битума за 1 ч, количества теплоты, необходимой для нагрева битума от начальной температуры t_1 до температуры t_4 , и часовые потери теплоты из битумохранилища (рис. 3.2). Одновременно выбирают тип нагревателя и вид теплоносителя, определяют площадь и размеры нагревателя и расход энергии.

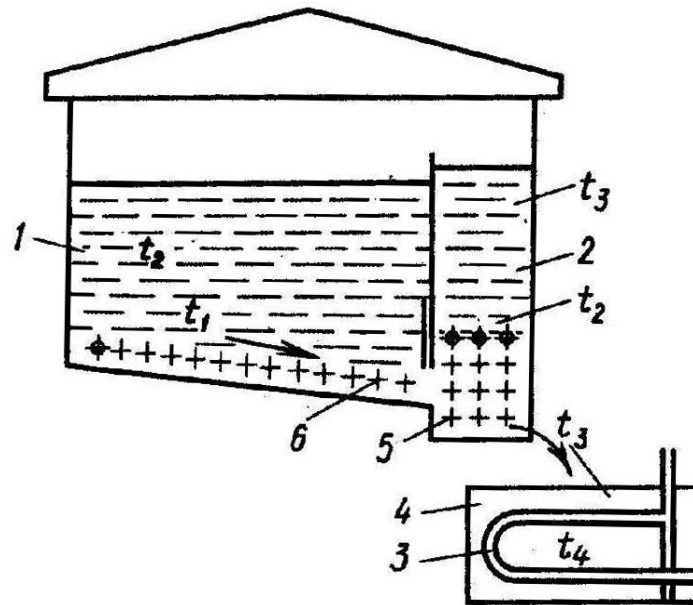


Рис. 3.2. Схема основных этапов нагрева битума в битумохранилище:

1 – основной отсек; 2 – дополнительный отсек; 3 – жаровые трубы битумонагревательного агрегата; 4 – битумонагревательный агрегат; 5 – змеевики нагрева битума в дополнительном отсеке; 6 – змеевики нагрева битума в основном отсеке; $t_1 = 10\text{ }^\circ\text{C}$; $t_2 = 50 - 60\text{ }^\circ\text{C}$,
 $t_3 = 80 - 95\text{ }^\circ\text{C}$; $t_4 = 140 - 150\text{ }^\circ\text{C}$

Битум представляет собой аморфное вещество с плавным изменением вязкости от твердого состояния при $t_1 = 5\text{ }^\circ\text{C}$ до жидкотекучего при $t_4 = 160\text{ }^\circ\text{C}$. Количество полезной теплоты (кДж), расходуемой на нагрев битума, равно сумме расходов теплоты для нагрева битума до температуры пластического течения $t_2 = 50 - 60\text{ }^\circ\text{C}$ в основном отсеке Q_{01} и для нагрева до температуры перекачивания $t_3 = 80 - 100\text{ }^\circ\text{C}$ в дополнительном отсеке Q_{01} [2]:

$$Q_{пол} = Q_{01} + Q_{01} = \Pi[(c_{\delta} + c_{\epsilon}\omega)(t_2 - t_1) + (c_{\delta} + c_{\epsilon}\omega)(t_3 - t_2)], \quad (3.19)$$

где Π – производительность битумонагревательной системы, кг/ч; c_{δ} – удельная теплоемкость битума, кДж/(кг·°C); c_{ϵ} – удельная теплоёмкость воды, $c_{\epsilon} = 4,1868\text{ кДж/(кг·°C)}$; ω – относительное содержание воды в битуме; t_1 – температура битума в основном отсеке в начале нагрева, $t_1 = 5\text{ }^\circ\text{C}$; t_2 – температура пластического течения битума, $t_2 = 50 - 60\text{ }^\circ\text{C}$; t_3 – начальная температура перекачивания битума насосом, $t_3 = 80 - 100\text{ }^\circ\text{C}$.

Значения теплоемкости битума в зависимости от температуры приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Теплоёмкость битума

$t_0, ^\circ\text{C}$	1–20	30–60	60–100	100–150	150–180
$c_0, \text{кДж/кг}\cdot^\circ\text{C}$	1,1–1,25	1,25–1,45	1,45–1,65	1,65–1,85	1,85–2,2

Производительность нагревательной системы битумохранилища определяется часовой потребностью в битуме для работы асфальто-смесительных установок и автогудронаторов с запасом на 25 %.

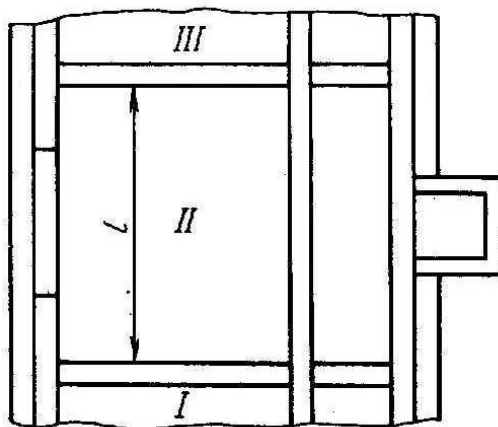
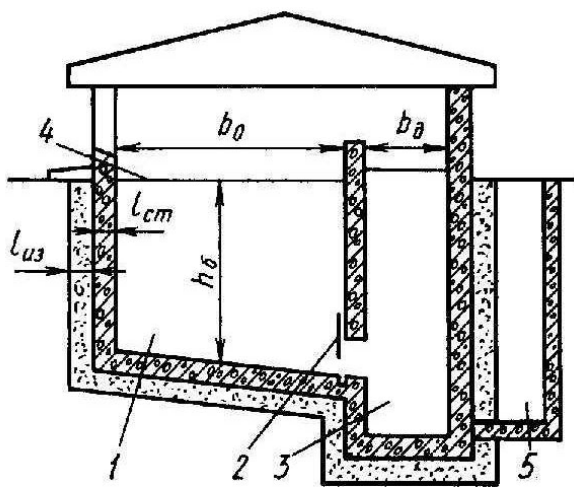


Рис. 3.3. Схема к тепловому расчёту битумохранилища
 I, II, III – секции битумохранилища;
 1 – основной отсек; 2 – шиберная заслонка; 3 – дополнительный отсек;
 4 – верхний уровень битума;
 5 – насосное отделение

Потери теплоты происходят при нагреве битума в основном и дополнительном отсеках битумохранилища: из дополнительного отсека в основной отсек, из дополнительного и основного отсеков в соседние отсеки; через наружные стенки и днище в почву и зеркалом битума в воздух.

Потеря теплоты, кДж, из дополнительного отсека в основной является частично восполнимой потерей [1]:

$$Q_{02} = 720h_1S_n(t_3 - t_1), \quad (3.20)$$

где h_1 – коэффициент теплопередачи из дополнительного отсека в основной через перегородку, кВт/(м²·°C); S_n – площадь перегородки между дополнительным и основными отсеками, м².

Размеры дополнительного отсека должны обеспечивать вместимость суточного расхода битума.

Коэффициент теплопередачи [2]

$$h_1 = \frac{1}{1/\alpha_1 + l_{cm}/\lambda_{cm} + 1/\alpha_2}, \quad (3.21)$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи от битума к материалу перегородки и обратно, $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,097$ кВт/(м²·°С); l_{cm} – толщина перегородки (кирпич, бетон), $l_{cm} = 0,2$ м; λ_{cm} – коэффициент теплопроводности перегородки, $\lambda_{cm} = 0,00075$ кВт/(м²·°С).

Площадь перегородки, разделяющей отсеки, м²:

$$S_n = lh_{\delta}, \quad (3.22)$$

где l – длина отсека; h_{δ} – глубина битумного резервуара, м.

Глубина h_{δ} зависит от количества битума в отсеке битумохранилища (рис. 3.3). Максимальная глубина битумного резервуара не превышает 3 м. Потеря теплоты в соседние отсеки Q_3 , кДж/ч, равна сумме потерь из основного отсека Q_{o3} и дополнительного отсека $Q_{\delta3}$:

$$Q_3 = Q_{o3} + Q_{\delta3} = 3600h_1[\sum S_{\delta.o}(t_2 - t_1) + \sum S_{\delta.d}(t_3 - t_1)], \quad (3.23)$$

где $\sum S_{\delta.o}$ – суммарная площадь боковых перегородок основного отсека, м², с учетом уровня битума площадь одной перегородки $S_{\delta.o} = b_o h_{\delta}$ (b_o – ширина основного отсека, м); $\sum S_{\delta.d}$ – суммарная площадь боковых перегородок дополнительного отсека, м², с учетом уровня битума площадь одной перегородки $S_{\delta.d} = b_d h_{\delta}$ (b_d – ширина дополнительного отсека, м).

Потеря теплоты через наружные стенки и днище в почву Q_4 , кДж/ч, равна сумме потерь из основного Q_{o4} и дополнительного отсеков $Q_{\delta4}$:

$$Q_4 = Q_{o4} + Q_{\delta4} = 3600[(\sum S_{\delta.o} + \sum S_{\delta.o})h_2(t_2 - t_1) + (\sum S_{\delta.d} + \sum S_{\delta.d})h_3(t_3 - t_1)], \quad (3.24)$$

где $\sum S_{\delta.o}$, $\sum S_{\delta.o}$ – суммарные площади контакта с грунтом боковых стенок и днища основного отсека, м²; $\sum S_{\delta.d}$, $\sum S_{\delta.d}$ – суммарные площади контакта с грунтом боковых стенок и днища дополнительного отсека, м²; h_2 – коэффициент теплопередачи из основного отсека в почву, кВт/(м²·°С); h_3 – коэффициент теплопередачи из дополнительного отсека в почву, кВт/(м²·°С).

Коэффициенты теплопередачи в почву [2]

$$h_{2,3} = \frac{1}{1/\alpha_1 + l_{cm}/\lambda_{cm} + l_{uz}/\lambda_{uz} + l_n/\lambda_n}, \quad (3.25)$$

где l_{uz} – толщина пористой изоляционной засыпки (шлак) между стенкой битумохранилища и грунтом, $l_{uz}=0,3$ м; λ_{uz} – коэффициент теплопроводности засыпки, $\lambda_{uz}= 0,0014$ кВт/(м·°С); l_n – длина теплового потока в почве при установившемся режиме, м; λ_n – коэффициент теплопроводности почвы, $\lambda_n = 0,0023$ кВт/(м·°С).

Длина теплового потока в грунте зависит от температуры битума в отсеках. При определении α_2 длина теплового потока $l_n = 6$ м, при определении α_3 $l_n = 10$ м.

Потери теплоты зеркалом битума в воздух Q_5 , кДж/ч, равны сумме потерь из основного Q_{o5} и дополнительного отсеков $Q_{\partial5}$:

$$Q_5 = Q_{o5} + Q_{\partial5} = 3600\alpha_{зер} [(t_2 - t_г)S_o + (t_3 - t_г)S_{\partial}], \quad (3.26)$$

где $\alpha_{зер}$ – коэффициент теплоотдачи от зеркала битума в воздух, $\alpha_{зер} = 0,00015$ кВт/(м²·°С); $t_г$ – температура воздуха в битумохранилище, $t_г = 20$ °С; S_o – площадь зеркала битума основного отсека, м²; S_{∂} – площадь зеркала битума дополнительного отсека, м².

Суммарные потери теплоты, кДж/ч,

$$\Sigma Q_{nom} = Q_{\partial2} + Q_3 + Q_4 + Q_5. \quad (3.27)$$

Общее количество теплоты, кДж/ч, необходимое для работы битумохранилища,

$$Q_{общ} = Q_{пол} + \Sigma Q_{nom}. \quad (3.28)$$

Общее количество теплоты, расходуемое в основном отсеке,

$$Q_{общ.o} = Q_{o1} + Q_{o3} + Q_{o4} + Q_{o5}. \quad (3.29)$$

Общее количество теплоты, расходуемое в дополнительном отсеке,

$$Q_{общ.д} = Q_{\partial1} + Q_{\partial2} + Q_{\partial3} + Q_{\partial4} + Q_{\partial5}. \quad (3.30)$$

3.4. Расчет площади поверхности нагревателей

При нагреве теплоноситель направляется сначала в змеевики системы обогрева дополнительного отсека, а затем в змеевики основного отсека (см. рис. 3.3).

При паровом нагреве площадь нагрева змеевиков дополнительного отсека, м^2 , [1, 2]

$$S_n = \frac{Q_{\text{общ.}\delta}}{3600h_1 \left(\frac{t_{n.в} - t_3}{2} + \frac{t_{n.н} - t_2}{2} \right)}, \quad (3.31)$$

где h_1 – коэффициент теплопередачи змеевиков (стальная труба), $\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, определяемый по формуле для h_1 , в которой $\alpha_1 = 11,1 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ при паровом теплоносителе, $l_{cm} = 0,005 \text{ м}$, $\lambda_{cm} = 0,046 \text{ кВт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $\alpha_2 = 0,097 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; $t_{n.в}$ – температура пара на входе в змеевик, $t_{n.в} = 160 - 170 \text{ }^\circ\text{C}$ при $p = 0,6 - 0,8 \text{ МПа}$; $t_{n.н}$ – температура пара на выходе из змеевиков дополнительного отсека; $t_{n.н} = 120 \text{ }^\circ\text{C}$ при $p = 0,2 \text{ МПа}$.

Диаметр трубопроводов змеевика парового обогрева составляет $d_3 = 50,8 - 76,2 \text{ мм}$, учитывая который определяют длину змеевиков l_3 .

Площадь нагрева змеевиков в основном отсеке, м^2 ,

$$S_{n.o} = \frac{Q_{\text{общ.}\delta}}{3600h_1 \left(\frac{t_{n.н} - t_2}{2} + \frac{t_k - t_1}{2} \right)}, \quad (3.32)$$

где h_1 – коэффициент теплопередачи змеевиков, $\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, определяемый по формуле для h_1 , в которой $\alpha_1 = 11,1 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, $l_{cm} = 0,005 \text{ м}$, $\lambda_{cm} = 0,046 \text{ кВт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $\alpha_2 = 0,053 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; t_k – температура конденсата, $t_k = 85 - 95 \text{ }^\circ\text{C}$.

При масляном обогреве принимают: $a_1 = 0,12 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; $t_{n.в} = 270 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{n.н} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_k = 60 \text{ }^\circ\text{C}$.

При огневом нагреве битума в основном отсеке битумохранилища дополнительный отсек не используют. Общий нагрев битума до температуры текучести $t_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ производится одновременно с использованием парового или масляного обогрева, а для местного разогрева битума до температуры перекачивания t_3 используют огневой способ.

Площадь нагрева жаровой трубы, м^2 ,

$$S_{ж.т} = \frac{Q_{\text{общ.}\delta} \lg[(t_{2.m} - t_3)/(t_{\delta.2} - t_3)]}{1565h_{ж.т} [(t_{2.m} - t_3) - (t_{\delta.2} - t_3)]}, \quad (3.33)$$

где $t_{2.m}$ – температура горения топлива, $t_{2.m} = 1300 - 1400 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{\delta.2}$ – температуры дымовых газов, $t_{\delta.2} = 300 - 400 \text{ }^\circ\text{C}$; $h_{ж.т}$ – коэффициент теплопередачи жаровой трубы, $\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, определяемый по формуле

для h_1 , в которой $\alpha_1=0,02 - 0,067$ кВт/(м²·°С), $l_{cm}=0,005-0,006$ м, $\lambda_{cm}=0,046$ кВт/(м·°С), $\alpha_2=0,097$ кВт/(м²·°С).

Диаметр жаровой трубы $D_{ж.т}$ принимают равным 0,5 – 0,6 м.

3.5. Определение расхода теплоносителя

При паровом нагреве необходимое количество пара, кг/ч, [1, 2]

$$Q_n = \frac{Q_{общ.о} + Q_{общ.д}}{I_1 - I_2}, \quad (3.34)$$

где I_1 – энтальпия 1 кг пара при рабочем давлении 0,8 – 1,2 МПа, кДж/кг, принимается по данным таблиц состояния пара или диаграмм; I_2 – энтальпия отработанного пара, $I_2=500 - 600$ кДж/кг.

При масляном нагреве часовой расход масла, кг/ч, [1, 2]

$$Q_m = \frac{Q_{общ.о} + Q_{общ.д}}{c_m(t_{м.в} - t_{м.н})}, \quad (3.35)$$

где c_m – удельная теплоемкость масла, $c_m=1,8-2,1$ кДж/(кг·°С); $t_{м.в}$ – температура масла на входе в змеевики битумохранилища, $t_{м.в}=250 - 270$ °С; $t_{м.н}$ – температура масла на выходе из змеевиков битумохранилища, $t_{м.н}=160 - 180$ °С.

Подачу масляного насоса подбирают по часовому расходу масла $П_m$ с запасом 10 – 20 %. По подаче насоса определяют проходные сечения маслопроводов и змеевиков.

Битумонагреватель используют для обезвоживания битума и нагрева его до рабочей температуры $t_4=160 - 180$ °С. Полезная теплота (кДж/ч) в битумонагревателе, работающем при атмосферном давлении, [1, 2]

$$Q_{н.о}=Q_I + Q_{II}=П w r + П_{сб}(t_4 - t_3), \quad (3.36)$$

где r – удельная теплота парообразования, $r=2269$ кДж/кг.

В битумонагревателе закрытого типа при нагреве битума паробитумная смесь нагревается до рабочей температуры 160 °С, а давление в системе возрастает до 0,05 – 0,6 МПа. Количество полезной теплоты в закрытом битумонагревателе

$$Q_{н.з}=Q_I + Q_{II} + Q_{III}=П \omega r + П_{сб}(t_4 - t_3) + П c_n(t_4 - t_3)w, \quad (3.37)$$

где c_n – удельная теплоемкость пара, $c_n=1,926$ кДж/(кг·°С).

С учетом потерь теплоты стенками битумонагревателя общий расход теплоты при предварительных расчетах

$$Q_{\text{общ.н}} = 1,2Q_{\text{наг}}, \quad (3.38)$$

где $Q_{\text{наг}}$ – полезная теплота нагревателя (закрытого или открытого типа), кДж/ч.

3.6. Тепловой расчет топок

Тепловой расчет топок сушильных барабанов асфальтосмесителей, автогудронаторов, топок битумохранилищ и битумонагревательных котлов включает в себя определение поперечного сечения топки из условия пропуска с необходимой скоростью воздуха, нужного на горение топлива; объема топочного пространства по удельному тепловому напряжению топочного пространства; объема топки и ее длины по объему топочного пространства, а также потерь теплоты топкой в окружающее пространство.

Диаметр топки, м, определяют исходя из условия пропуска воздуха через поперечное сечение топки с определенной скоростью:

$$D_m = \sqrt{\frac{4V_g}{3600\pi v_g}}, \quad (3.39)$$

где V_g – объем воздуха, пропускаемого за 1 ч через топку, м³, $V_g = (m_{\text{дв}} \cdot m_m) / \rho_g$ ($m_{\text{дв}}$ – действительный массовый расход воздуха на сжигание 1 кг топлива, кг/кг топлива; m_m – часовой расход топлива, кг; ρ_g – плотность воздуха, кг/м³, $\rho_g = 1,293$ кг/м³); v_g – скорость движения воздуха через поперечное сечение топки, м/с.

Движение воздуха под действием тяги вытяжного вентилятора при отсутствии устройств для принудительного смешивания воздуха с распыленным факелом топлива происходит со скоростью 2–3 м/с. При воздушном распыливании и интенсификации смешивания воздуха с распыленным факелом топлива скорость воздуха принимают до 5 м/с.

Объем, м³, топочного пространства или объем зоны горения топлива [2]

$$V_{m.n} = Q_{p.n} m_m / q_{m.n}, \quad (3.40)$$

где $q_{m.n}$ – удельное тепловое напряжение топочного пространства, кДж/(м³·ч).

Удельное тепловое напряжение топочного пространства зависит от типов топок: для топок автогудронатора $q_{m.n} = (3 - 5) \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$; для топок битумонагревательных котлов и битумохранилищ $q_{m.n} = (5-10) \times 10^6 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$; для топок сушильных барабанов асфальтосмесительных установок $q_{m.n} = (20 - 60) \cdot 10^6 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$.

Для автогудронаторов, битумохранилищ и битумонагревательных котлов объем топок равен объему топочного пространства. Для топок сушильных барабанов характерны высокая интенсивность процесса горения и дожигание топлива непосредственно в сушильном барабане. Объем топки, м^3 ,

$$V_m = (0,5 \div 0,8)V_{m.n}; \quad (3.41)$$

длина топки, м,

$$L_m = 4V_m / (\pi D_m^2). \quad (3.42)$$

В современных топках сушильных барабанов отношение длины топки к ее диаметру равно 1,0 – 0,6.

Потери теплоты, кДж, стенками топки в окружающее пространство

$$Q_{n.m} = 3600h_m S_m (t_{m.d} - t_{кож}), \quad (3.43)$$

где h_m – коэффициент теплопередачи стенками топки, $\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; S_m – площадь поверхности кожуха топки; $t_{кож}$ – температура кожуха.

Коэффициент теплопередачи [2]

$$h_m = \frac{1}{1/\alpha_1 + l_{сл}/\lambda_{сл} + l_{асб}/\lambda_{асб} + l_{кож}/\lambda_{кож} + 1/(\alpha_k + \alpha_l)}, \quad (3.44)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от газов к огнеупорной футеровке, $\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; $\alpha_1 = 0,01 - 0,11 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; $l_{сл}$ – толщина огнеупорного слоя, м; $l_{сл} = 0,12 \text{ м}$; $\lambda_{сл}$ – коэффициент теплопроводности огнеупорного слоя, $\lambda_{сл} = 0,001 - 0,0014 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; $l_{асб}$ – толщина асбестового слоя, м, $l_{асб} = 0,003 \text{ м}$; $\lambda_{асб}$ – коэффициент теплопроводности асбестового слоя, $\lambda_{асб} = 0,00015 - 0,0002 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; $l_{кож}$ – толщина наружного кожуха, м, $l_{кож} = 0,005 \text{ м}$; $\lambda_{кож}$ – коэффициент теплопроводности стального кожуха, $\lambda_{кож} = 0,046 - 0,058 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; α_k – коэффициент теплоотдачи от металлического кожуха воздуху конвекцией; $\alpha_k = 0,0042 V_v^{0,805} / D_{m.n}^{0,195}$ при конвективной скорости потока воздуха 0,1 м/с; α_l – коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием, $\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

$$a_{л} = c_1 \frac{\left(\frac{t_{кож} + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_{в} + 273}{100}\right)^4}{t_{кож} - t_{в}}, \quad (3.45)$$

где c_1 – коэффициент теплоотдачи, $c_1 = 0,0046$ кВт/(м²·°С); $t_{кож}$ – температура поверхности кожуха топки, $t_{кож}=400–600$ °С; $t_{в}$ – температура воздуха, $t_{в}=20$ °С.

Площадь, м², поверхности кожуха топки

$$S_m = (\pi D_{кож}^2 / 4) + \pi D_{кож} L_m, \quad (3.46)$$

где $D_{кож}$ – диаметр кожуха топки, м, $D_{кож} = D_m + 2l_{сл}$.

3.7. Тепловой расчет битумопроводов

Тепловой расчет битумопроводов включает в себя расчет потерь теплоты в битумопроводе. Это необходимо для определения общего расхода теплоты и выбора теплогенератора (парового котла, нагревателя масла). Расчет передачи теплоты через плоские трехслойные перегородки приведен ниже. Коэффициент теплопередачи определяют аналогично рассмотренному ранее. Изменения температуры слоев перегородки в этом случае имеют линейный характер. При расчете потерь теплоты стенками цистерны автогудронатора ее поверхность принимают за плоскую, поскольку площади поверхности цистерны и кожуха мало различаются. Однако при увеличении кривизны теплопередающей поверхности разница между площадью обогревающей рубашки битумопровода и площадью кожуха теплоизоляции возрастает. Изменение температуры по толщине стенки имеет криволинейный характер. При малой толщине стенки обогревающей рубашки принимают температуру t_2 , постоянной по толщине и равной температуре теплоносителя, а количество теплоты, кДж, теряемое через слой теплоизоляции битумопровода, [1, 2]

$$\theta_{б.пр} = \frac{3600 \cdot 2\pi L (t_2 - t_1) \lambda_{из}}{2,31 \lg(R/r)}, \quad (3.47)$$

где L – длина битумопровода, м; t_2 – температура стенки обогревающей рубашки, °С; t_1 – температура кожуха, °С; $\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности, кВт/(м·°С); R – наружный радиус теплоизоляции, м; r – внутренний радиус теплоизоляции, м.

Контрольные вопросы

1. Основные параметры битумного насоса.
2. От чего зависит кинематическая вязкость битума?
3. Какие типы нагревателей битума существуют?
4. Из-за чего происходят потери тепла в битумохранилище?
5. С какой целью производится тепловой расчёт битумохранилища?

4. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

4.1. Расчёт основных параметров автогудронатора

К основным параметрам автогудронатора относятся производительность, вместимость цистерны, рабочая скорость и ширина полосы распределения битума. Рабочим органом является распределительная система, состоящая из труб с форсунками и битумного насоса, обеспечивающего требуемую подачу вяжущего.

Производительность автогудронаторов, л/ч, зависит от удаленности битумной базы от места розлива, а также организации работ по розливу и набору битума [2]:

$$П = 60Vk_g/T, \quad (4.1)$$

где V – полезная вместимость цистерны гудронатора, л; k_g – коэффициент использования по времени, $k_g = 0,85 - 0,95$; T – время, затрачиваемое автогудронатором на один рейс, мин.

Время, затрачиваемое автогудронатором на один рейс,

$$T = t_n + \frac{L_1}{v_2} 60 + \frac{L_1}{v_n} 60 + t_p + t_m + t_n, \quad (4.2)$$

где t_n – время, затрачиваемое на набор битумного материала, мин, $t_n = 10 - 15$ мин; L_1 – расстояние от базы до места работ, км; v_2 – скорость движения груженого гудронатора, км/ч, $v_2 = 20 - 25$ км/ч; v_n – скорость движения порожнего гудронатора, принимают $v_n = 30 - 40$ км/ч; t_p – время, затраченное на распределение материала, $t_p = V/Q_n$, при $V = 3000$ л $t_p = 3 - 5$ мин, при $V = 5000$ л $t_p = 4 - 8$ мин; t_m – время, затрачиваемое на маневры на базе и у места розлива, $t_m = 4 - 6$ мин; t_n – время, затрачиваемое на подготовку к распределению, $t_n = 5 - 10$ мин.

Для обеспечения бесперебойной работы автогудронатора число обслуживающих его битумонагревателей должно составлять (при одинаковой вместимости)

$$N = T_n/T, \quad (4.3)$$

где T_n – время на нагрев битума в одном нагревателе, ч; T – время на один рейс гудронатора, ч.

Расчет насосной установки включает в себя определение необходимых наибольшей подачи насоса и мощности двигателя для его привода.

Подача насоса, л/мин, для обеспечения работы гудронатора

$$Q_{n\max} = q_{y\delta.\max} \nu L_{\text{полн}}, \quad (4.4)$$

где $q_{y\delta.\max}$ – наибольший удельный расход; ν – рабочая скорость гудронатора при распределении, соответствующая $q_{y\delta.\max}$, м/мин; $L_{\text{полн}}$ – полная длина распределительных труб, м.

По $Q_{n\max}$ подбирают подачу насоса.

Мощность двигателя насоса определяют по методике, рассмотренной выше. При этом p_p должно быть таким, чтобы после преодоления всех сил, сопротивлений, возникающих в циркуляционно-распределительной системе, разливаемый материал поступал на дорогу под соответствующим давлением.

Исходя из наибольшей подачи насоса $q_{n\max}$ (л/с) и трубы наименьшего диаметра d_{\min} из труб, входящих в циркуляционно-распределительную систему, определяют наибольшую скорость движения битума [1, 2]:

$$\nu = 4q_{n\max} / (\pi d_{\min}^2). \quad (4.5)$$

По ν находят число Рейнольдса Re и потерю напора $p_{тр}$ на единицу длины.

Коэффициенты местного сопротивления циркуляционно-распределительной системы автогудронатора определяют при входе трубопровода наполнения в насос ($\xi_1=1$); при выходе из насоса в трубопровод ($\xi_2=1$); при проходе через повороты труб ($\xi_3=1-3$); при проходе через большой и малый трехходовые краны ($\xi_4=\xi_5=1,5$); при проходе через сопла распределительной трубы ($\xi_6=1,5$).

Тепловой расчет автогудронаторов осуществляют методом, рассмотренным в гл. 3.

Удельный расход битума $q_{y\delta}$, л/м², зависит от скорости ν , м/мин, движения автомобиля, подачи насоса Q_n , л/мин, и длины L , м, распределительной трубы:

$$q_{y\delta} = Q_n / (\nu L). \quad (4.6)$$

Для увеличения $q_{y\delta}$ необходимо повысить Q_n при сохранении ν и L или при постоянных Q_n и L уменьшить ν .

Варианты заданий для практических расчётов приведены в прил. 3.

4.2. Расчет теплоизоляции цистерны

Расчет теплоизоляции цистерны предусматривает определение толщины слоя изоляции по количеству теплоты, выделяемой битумом при его остывании за 1 ч не более чем на 10 °С; количеству теплоты, которое может быть передано в окружающую среду через наружную поверхность цистерны при заданных условиях. Приравняв количество теплоты, теряемое битумом, и количество теплоты, проходящее через стенку цистерны, определяют толщину слоя изоляции.

Количество теплоты, кДж, выделяемое при остывании битума за 1 ч [1],

$$Q_{\delta} = m_{\delta} c_{\delta} (t_1 - t_2), \quad (4.7)$$

где m_{δ} – масса битума, кг; c_{δ} – удельная теплоемкость битума, кДж/(кг·°С); t_1 – начальная температура битума, $t_1=180$ °С; t_2 – температура битума через 1 ч транспортирования, $t_2=170 - 175$ °С.

Количество теплоты, кДж, теряемое битумом через внешнюю поверхность в окружающее пространство [1],

$$Q_m = 3600 \alpha S_{\delta} (t_{\delta} - t_{\epsilon}), \quad (4.8)$$

где α – коэффициент теплопередачи, кВт/(м²·°С); S_{δ} – площадь поверхности цистерны, м²; t_{δ} – средняя температура битума, °С, $t_{\delta} = (t_1 + t_2)/2$; t_{ϵ} – температура наружного воздуха, °С, $t_{\epsilon} = 10$ °С.

Площадь поверхности эллиптической цистерны (рис. 4.1)

$$S_{\delta} = 2S_m + S_{\delta}, \quad (4.9)$$

где S_m – площадь эллиптических торцов цистерны, м², $S_m = \pi ab$; S_{δ} – боковая площадь цистерны, м²,

$$S_{\delta} = \pi L_{\delta} \sqrt{2(a^2 + b^2) - \frac{(a-b)^2}{4}}, \quad (4.10)$$

где L_{δ} – длина цистерны, м; a и b – полуоси эллипса торцовых днищ, м.

Выбирая размер цистерны, необходимо учитывать, что её ширина и высота с учётом установки на автомобильное шасси

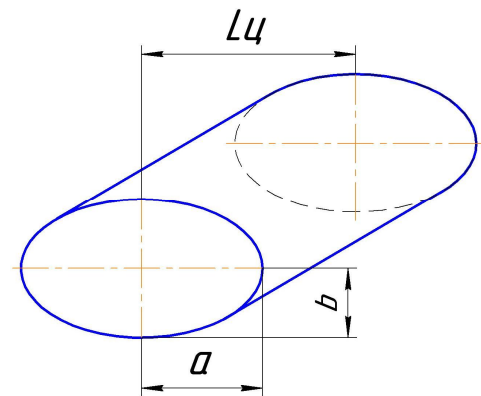


Рис. 4.1. Цистерна автогудронатора

должны входить в транспортные габариты, обеспечивающие возможность свободного перемещения по дорогам без специальных разрешений.

Коэффициент теплопередачи через трехслойную стенку от горячего битума воздуха (рис. 4.2)

$$h = \frac{1}{1/\alpha_1 + l_1/\lambda_1 + l_2/\lambda_2 + l_3/\lambda_3 + 1/\alpha_2}, \quad (4.11)$$

где α_1 – коэффициент теплопередачи от битума к металлической стенке цистерны, $\alpha_1 = 0,097$ кВт/(м²·°С); l_1 – толщина стенки цистерны, $l_1 = 0,004$ м; λ_1 – коэффициент теплопроводности стали, $\lambda_1 = 0,046 - 0,058$ кВт/(м²·°С); l_2 – толщина слоя теплоизоляции, м (неизвестна); λ_2 – коэффициент теплопроводности теплоизоляции, для асбеста $\lambda_2 = 0,00015 - 0,002$ кВт/(м·°С); для стекловаты $\lambda_2 = 0,000044$ кВт/(м·°С); l_3 – толщина стенки кожуха, $l_3 = 0,001$ м; λ_3 – теплопроводность стали; α_2 – коэффициент теплоотдачи от кожуха цистерны наружному воздуху, кВт/(м²·°С); $\alpha_2 = 0,0042 v_2^{0,805} / D_{cp}^{0,195}$ (v_2 – скорость движения гудронатора, м/с; D_{cp} – средний диаметр цистерны, м).

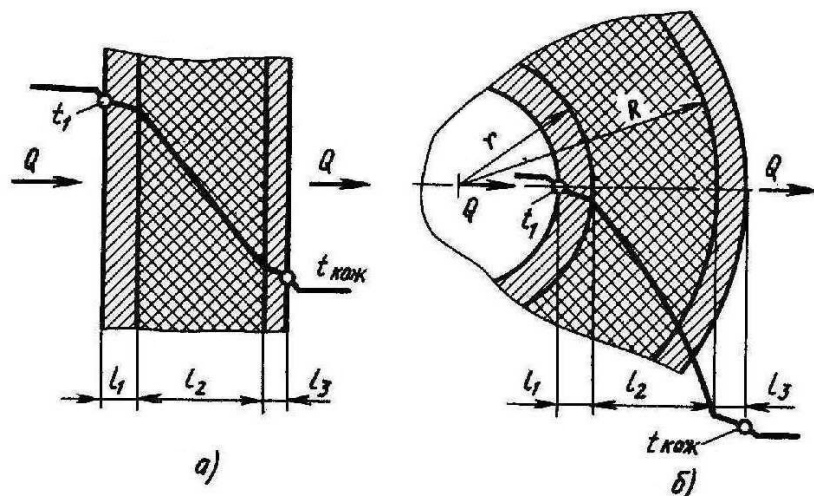


Рис. 4.2. Схема передачи теплоты:
 а – через плоскую трехслойную стенку;
 б – через криволинейную трехслойную стенку

Для условий стоянки автогудронатора в безветренную погоду вместо скорости v_2 принимают скорость конвективного движения воздуха вокруг цистерны $v_k = 0,5$ м/с. Приравняв правые части уравнений для Q_b и Q_m и решая их относительно l_2 , получают толщину теплоизоляции [1, 2]:

$$l_2 = \lambda_2 \left[\frac{3600 S_y (t_{\bar{o}} - t_{\bar{g}})}{m_{\bar{o}} c_{\bar{o}} (t_1 - t_2)} - \frac{1}{\alpha_1} - \frac{l_1}{\lambda_1} - \frac{l_3}{\lambda_3} - \frac{1}{\alpha_2} \right]. \quad (4.12)$$

Отопительная система (рис. 4.3) автогудронаторов, битумовозов и нагревателей битума состоит из двух жаровых труб, горелок, топливного бака, топливопроводов и системы подачи топлива. Система предназначена для нагрева битума до 160 °С и поддержания его рабочей температуры. Расчет отопительной системы включает в себя определение количества теплоты, необходимой для подогрева битума за конкретное время; теплоты сгорания и часового расхода топлива; количества теплоты, передаваемой от горячих газов к битуму через жаровые трубы. Приравнявая количество теплоты, необходимое для нагрева битума, и количество теплоты, проходящее через стенку жаровой трубы, определяют площадь жаровых труб. По известной длине жаровых труб, их форме и площади находят диаметр жаровых труб.

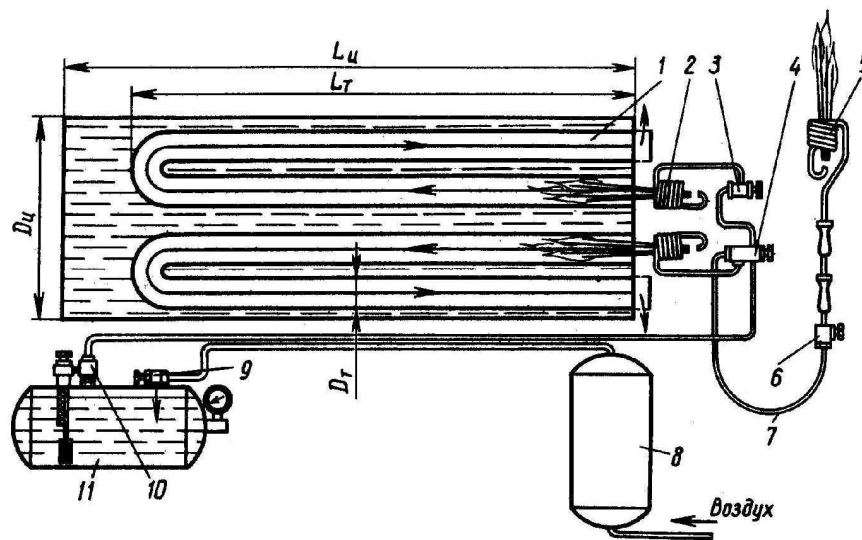


Рис. 4.3. Схема отопительной системы с жаровыми трубами:
 1 – жаровая труба; 2 – стационарная горелка; 3 – вентиль стационарной горелки; 4 – распределительный вентиль; 5 – переносная горелка; 6 – вентиль переносной горелки; 7 – шланг переносной горелки; 8 – баллон переносной горелки; 9 – вентиль воздухопровода; 10 – тонкий вентиль; 11 – топливный бак

Расчет ведут исходя из того, что температура в цистерне гудронатора должна повыситься со 120 до 180 °С за 0,5 ч при вместимости цистерны до 10 000 л или за 1 ч при вместимости

цистерны более 10 000 л. Количество теплоты, кДж, необходимой для нагрева битума за 0,5 ч,

$$Q_n = m_{\bar{b}} c_{\bar{b}} (t_2 - t_1). \quad (4.13)$$

Количество теплоты, вырабатываемое отопительной системой за 1 ч при $m_{\bar{b}} < 10\,000$ кг $Q_{o.c} = 2Q_n$; при $m_{\bar{b}} \geq 10\,000$ кг $Q_{o.c} = Q_n$.

Расход топлива отопительной системой автогудронатора, кг/ч,

$$Q_{m.o.c} = Q_{o.c} / Q_{пол}, \quad (4.14)$$

где $Q_{пол}$ – количество полезной теплоты от сжигания 1 кг топлива, кДж/кг.

Количество полезной теплоты зависит от теплоты сгорания топлива и суммы потерь тепла. Теплоту сгорания $Q_{p.n}$, кДж, легкого жидкого топлива принимают по справочникам. Для бензина удельная теплота сгорания равна 44 – 47 МДж/кг, для дизельного топлива – 42,7 МДж/кг. Потери теплоты при работе форсунок составляют: от химической неполноты сгорания $q_x = 2 - 3$ %; от механической неполноты сгорания $q_m = 5$ %; потери форсункой в открытое пространство $q_l = 6 - 8$ %; потери с дымовыми газами $q_{д.г} = 15 - 20$ %. Общие потери теплоты, %,

$$\sum q_n = q_x + q_m + q_l + q_{д.г}. \quad (4.15)$$

Полезная теплота, кДж, от сжигания 1 кг топлива [1, 2]

$$Q_{пол} = Q_{p.n} \left(\frac{100 - \sum q_n}{100} \right). \quad (4.16)$$

Расход топлива при огневом нагреве битума в битумохранилище и битумонагревательном котле определяют аналогично.

Жаровые трубы автогудронаторов имеют U-образную форму. Длину каждой ветви жаровых труб принимают равной 0,8 длины цистерны. Общая длина жаровых труб, м,

$$\sum L_{ж.т} = 1,6L_{ж.т}z, \quad (4.17)$$

где z – число жаровых труб, $z = 2$.

Диаметр жаровых труб автогудронатора $D_{ж.т} = 0,12 - 0,15$ м.

Контрольные вопросы

1. Основные параметры битумного насоса.
2. Назовите условия для расчёта отопительной системы автогудронатора.
3. Из каких составляющих складываются потери давления в распределительной системе гудронатора?
4. Какое топливо используется в отопительной системе гудронатора?
5. Виды потерь тепла в автогудронаторе.
6. Меры, применяемые для равномерного нагрева битума в цистерне.

5. ПРИМЕНЕНИЕ ВЯЖУЩИХ НА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ЗАВОДАХ

5.1. Технологическая схема АБЗ

Горячие асфальтобетонные смеси готовят в стационарных, полустационарных и передвижных установках периодического или непрерывного действия. Производительность асфальтобетонных установок колеблется в пределах от 6 до 400 т/ч и более [1].

Современные асфальтосмесительные установки представляют собой сложившийся технологический комплекс оборудования и агрегатов, работающих в единой технологической цепи.

На рис. 5.1 представлена принципиальная технологическая схема современной асфальтосмесительной установки. Со склада минеральные материалы подаются в агрегат питания 1, каждый расходный бункер которого имеет дозатор для предварительного весового или объемного дозирования фракционного щебня и песка.

Непрерывно дозируемые материалы поступают при помощи ленточного транспортера 2 в загрузочное устройство 4 сушильного агрегата 5, где материалы высушиваются и нагреваются до рабочей температуры. Барабан имеет топку с форсункой 6. Температуру нагревания устанавливают с учетом последующих потерь и постоянно контролируют. Горячим элеватором 7 компоненты смеси подаются в сортировочный агрегат 17 для более тщательного фракционирования по отсекам 19 горячих бункеров и последующего весового дозирования в дозаторе, а негабарит сбрасывается в бункер 20.

При установке перекидного лотка 18 в положение II горячие материалы поступают в бункер песка и далее на дозирование в дозатор, минуя грохот.

В установках периодического действия дозирование ведется порционно на каждый последующий замес. Отдозированный материал одного замеса из весового бункера дозатора 25 для песка и щебня подается в смеситель 22. Порция минерального порошка из агрегата хранения и выдачи 13 подается в бункер, а затем дозатором 21 в смеситель. Битум из битумохранилища 14 подогревается нагревателем 15 и вводится в смеситель насосно-дозировующим устройством 16. Возможно применение аналогичного устройства для дозирования и подачи поверхностно-активных добавок.

Готовая порция смеси выгружается из смесителя либо в ковш скипового подъемника 23 накопительного бункера 24, либо в кузов автосамосвала. Наличие накопительного бункера позволяет исключить простои смесительного агрегата при задержке транспорта по прибытии последнего до минимума сократить продолжительность простоя транспорта под загрузкой.

За автоматической работой агрегатов ведется контроль с пульта управления кабины оператора, где также имеется дублирующая система дистанционного управления.

Дозатор минерального порошка пневмотранспортом загружается из расходной емкости. Последняя по мере опоражнивания заполняется из цистерны цементовоза. Установка может иметь дополнительный агрегат для беспламенной сушки и нагрева минерального порошка.

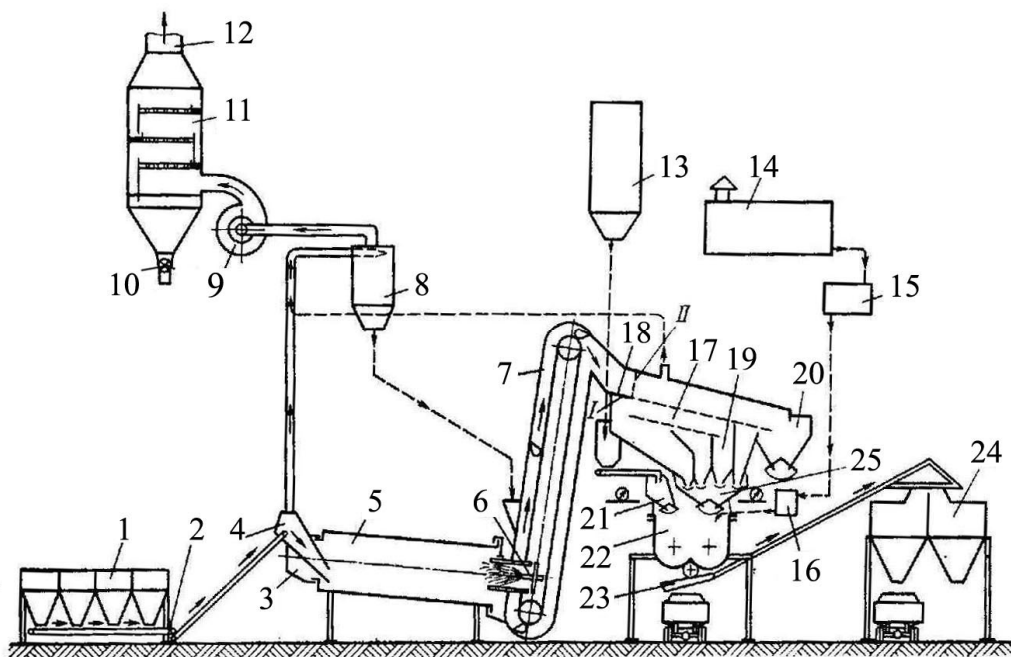


Рис. 5.1. Технологическая схема асфальтобетоносмесительной установки

Битумная система питается от обогреваемой цистерны, которая имеет насосное устройство. Вместо цистерны можно применять битумонагревательные котлы, оборудованные битумными насосами.

Дымовые газы из сушильного барабана через дымовую коробку 3 поступают на первую ступень очистки 8. Уловленная пыль должна быть направлена в горячий элеватор. Подача уловленной пыли в бункер минерального порошка или в дозатор минерального порошка

21, или специальный дозатор пыли нежелательна по двум причинам: во-первых, пыль, уносимая из сушильного барабана, является неотъемлемым компонентом песка и при частичной подаче ее в процессе дозирования может нарушиться проектная пористость и плотность асфальтобетона; во-вторых, силикатная пыль уноса является кислой породой и не может служить заменой минерального порошка, приготовляемого из основных материалов – известняка или доломита [1].

Очищенные на первой ступени дымовые газы дымососом 9 могут подаваться на вторую ступень пылеочистки 11, на которой применяют мокрую очистку, рукавные фильтры, электрофильтры и др. Затем дымовые газы выбрасываются в трубу 12, а уловленная пыль или шлам удаляются через дозатор 10.

Установка оснащена системой опрыскивания внутренних поверхностей скипового ковша и кузовов автосамосвалов тонким слоем солярового масла для предотвращения налипания асфальтобетонной смеси.

Производительность дозаторов регулируют, изменяя ход лотков, что достигается изменением эксцентриситета кривошипа.

Дозирование битума в пределах 0 – 1,3 т/ч производится битумным насосом-дозатором шестеренного типа. Все рабочие процессы асфальтобетоносмесительной установки, включая выдачу смеси, ведутся непрерывно.

Битумный дозатор непрерывного объемного дозирования с битумным насосом обеспечивает дозирование в пределах 0,5 – 16 т/ч. Для дозирования воды служит объемный дозатор непрерывного действия, оснащенный насосом и счетчиком.

5.2. Дозаторы битума

Вязущий материал на асфальтобетонных заводах дозируется дозаторами объемного или весового действия.

Дозаторы битума выполнены обогреваемыми, так как изменение температуры может вызвать значительные отклонения в точности работы дозаторов объемного действия.

Объемный дозатор (рис. 5.2) битума представляет собой мерный бак, внутри которого расположен поплавок. Количество необходимого битума устанавливают по пространственной линейке перемещением конечного выключателя [1].

Порция битума подается в емкость 3, которая заполняется вязущим, поступающим по трубопроводу через наполнительный кран 7. По мере заполнения ёмкости битумом всплывает металлический герметичный поплавок 5, связанный гибким стальным канатиком 9 через системы направляющих блоков с мерноотсчетным устройством. Отражатель 6 предназначен для плавного подъема поплавка. Отсчетная шкала 10 закреплена на трубе, внутри которой перемещается грузик 11 со стрелкой. При заполнении емкости грузик опускается от нулевого деления по шкале вниз. В каждый момент стрелка грузика указывает количество битума (л) в дозаторе. Как только стрелка дойдет до заданного деления на шкале, наполнительный кран патрубка 2 закрывается. При срабатывании датчика 14 от действия грузика 11 закрывается кран 7. На этом процесс дозирования заканчивается. Дозированная порция битума в смеситель сливается через сливной кран 8. Для подачи битума в смеситель под давлением трубопровод сливного крана должен подключаться к насосу подачи битума.

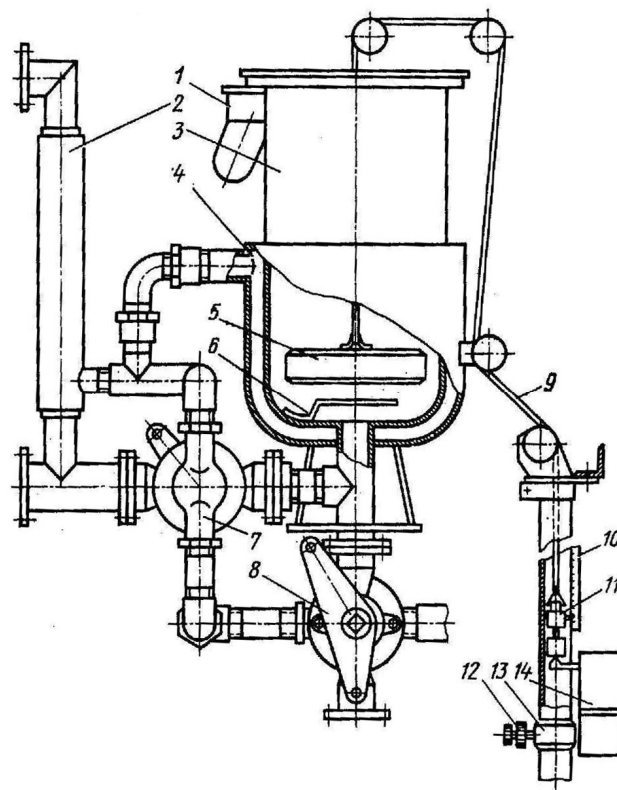


Рис. 5.2. Объемный дозатор битума поплавкового типа

Дозатор объемного дозирования может иметь достаточную точность работы, если окружающая температура будет поддерживаться

постоянной. Нижняя половина дозатора имеет паровую рубашку 4, паровым подогревом оборудованы также наполнительный и сливной краны и битумопроводы.

Изменение объема подаваемого дозатором битума производится перемещением датчика 14 вдоль шкалы хомутиком 13 и винтом 12. Окончательно этот объем корректируется по показанию стрелки с учетом инертности действия исполнительных механизмов управления краном. Такая коррекция осуществляется при малых перемещениях коробки датчика вдоль шкалы.

Дозаторы объемного дозирования поплавкового типа с изменяемым рабочим объемом имеют следующие недостатки – большие затраты времени на цикл дозирования, связанные с последовательным заполнением и опорожнением бака дозатора; попадание пыли в бак дозатора, так как камера дозирования связана с атмосферой; выход в атмосферу паров битума и поверхностно-активных добавок; перелив битума из дозатора через переливной патрубок 1. Эти недостатки ведут к потере битума и загрязнению установки. Кроме того, дозаторы поплавкового типа не обеспечивают допустимой погрешности дозирования ($\pm 1,5\%$). Достоинство дозаторов объемного дозирования: простота конструкции, низкая стоимость, отсутствие деталей и узлов, требующих высокой точности изготовления. Для смесителей с сокращенным циклом смешивания и подачей битума под давлением 1,5...2,1 МПа применяют дозаторы с непрерывно-объемным дозированием вяжущего.

Дозирующее устройство с расходомером (импакт-аппарат) (рис. 5.3) имеет бак 3 с масляным подогревом (от трубчатого нагревателя 13 с насосом 12). Из бака через сетчатый фильтр 4, расходомер 5 (шестеренный насос с эллиптическими шестернями) насосом высокого давления 7 битум по битумопроводу 11 подается в смеситель. В бак дозатора битум непрерывно подается циркуляционным насосом 2 из расходной емкости 1, а через контрольно-сливную трубу излишки битума возвращаются в емкость, благодаря чему подача циркуляционного насоса несколько больше подачи насоса высокого давления. Обогрев агрегатов в корпусе дозатора осуществляется горячим битумом. При включении электромагнитной муфты 8 вращение от электродвигателя 10 передается насосу высокого давления. Насос расходомера, принудительно вращаясь потоком битума, измеряет объем проходящего битума и при помощи гибкого валика 6 и стрелки индикатора 9 указывает количество битума, подаваемого в смеситель.

При совмещении указательной стрелки с установочной подается сигнал автоматической системе управления на выключение электромагнитной муфты 5 и отключение указывающей стрелки индикатора 9, которая возвращается в нулевое положение.

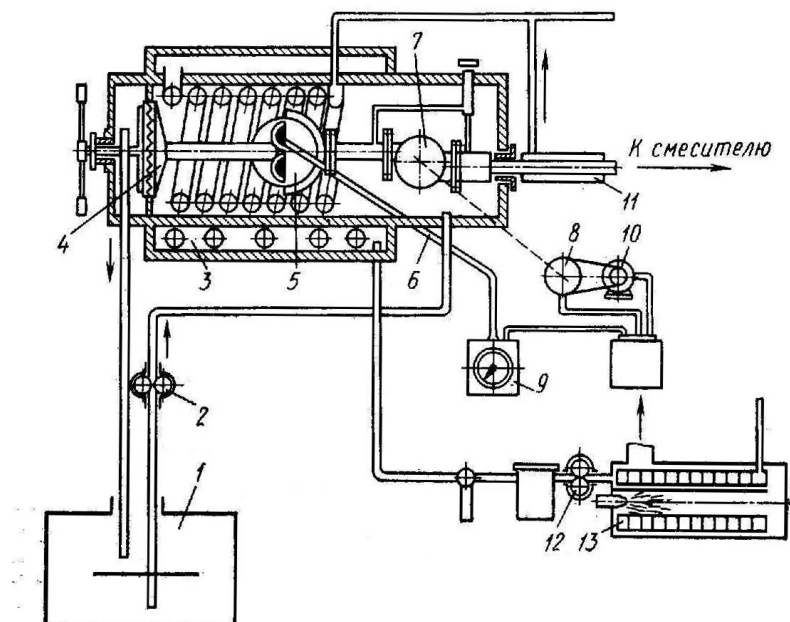


Рис. 5.3. Дозирующее устройство импакт-аппарата для битума

Недостатки импакт-дозатора: сложность конструкции, сложность изготовления эллиптических шестерен насоса расходомера и неравномерность их угловой скорости вращения, сложность обслуживания и ремонта дозатора, так как все агрегаты находятся непосредственно в битумной ванне.

Более простым по конструкции является дозатор шпридомат-аппарат (рис. 5.4), состоящий из расходной емкости 1, поплавкового заборного устройства 2, насоса высокого давления 4, циркуляционного патрубка 3, корпуса дозатора, распределителя 7, фильтра 6, насоса расходомера 5 и индикатора-дозатора 8. Битум из дозатора впрыскивается форсунками 10 в смеситель 11, куда подается минеральный материал из дозатора 9.

В шпридомат-аппарате насос-дозатор с эллиптическими шестернями вращается принудительно потоком битума высокого давления. Преимущества шпридомат-аппарата по сравнению с импакт-аппаратом заключаются в простоте конструкции, постоянстве работы насоса высокого давления [19]. Недостатки шпридомат-аппарата: сложность изготовления эллиптических шестерен насоса дозатора и

неравномерность их угловой скорости вращения. Общим достоинством насосов-дозаторов является большая производительность за один оборот шестерни.

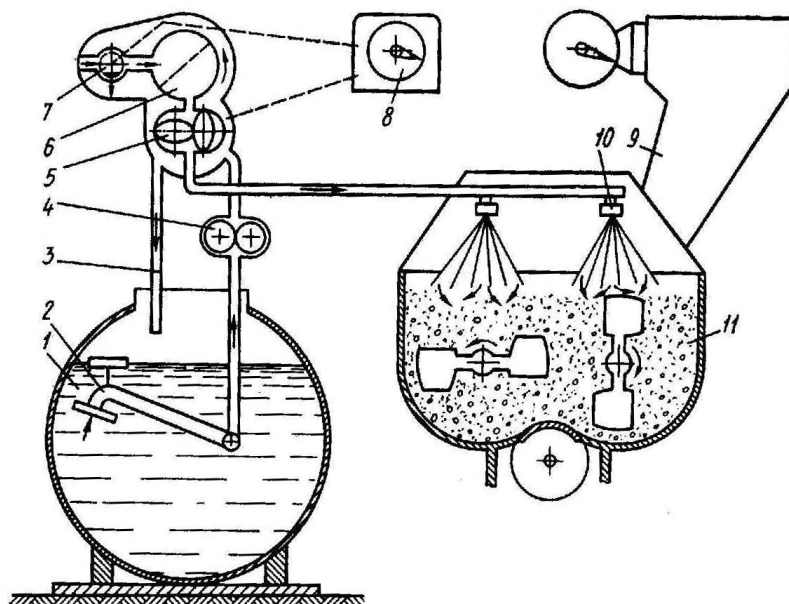


Рис. 5.4. Дозирующее устройство шпридомат-аппарат для битума

С целью обеспечения срока службы дозаторов необходимо применять сетчатые фильтры для очистки битума от механических загрязнений. После окончания работы аппарат должен быть освобожден от остатков битума, а перед работой – предварительно прогрет, для чего в аппарате имеется обогревающая система.

Битум на установках непрерывного действия дозируют битумными насосами-дозаторами (рис. 5.5).

В корпусе 1 насоса расположены три шестерни 2, 4 и 8, находящиеся в постоянном зацеплении [1]. При этом шестерня 4 кроме вращательного движения может совершать осевое перемещение с помощью винта 7. В обратном направлении шестерня подается пружиной 5. Вкладыш 6, перемещающийся одновременно с шестерней 4, имеет цилиндрический вырез с радиусом кривизны, соответствующим радиусу окружности выступов шестерни 2.

Этот вкладыш разобщает всасывающий канал 9 и нагнетательный канал 3 отдозированного битума, заменяя собой цилиндрическую поверхность корпуса насоса. При вращении ведущей шестерни 8 против часовой стрелки промежуточная 2 и дозирующая 4 шестерни

увлекают жидкость из канала 9 и выдают ее соответственно: дозирующая шестерня в канал 3, а промежуточная – в канал 10. Количество битума, подаваемое в канал 10, остается постоянным, а количество жидкости, подаваемое в канал 3, меняется передвижением шестерни 4, так как при этом изменяется длина ее зацепления и, как следствие, изменяется количество битума, подаваемое в канал 3.

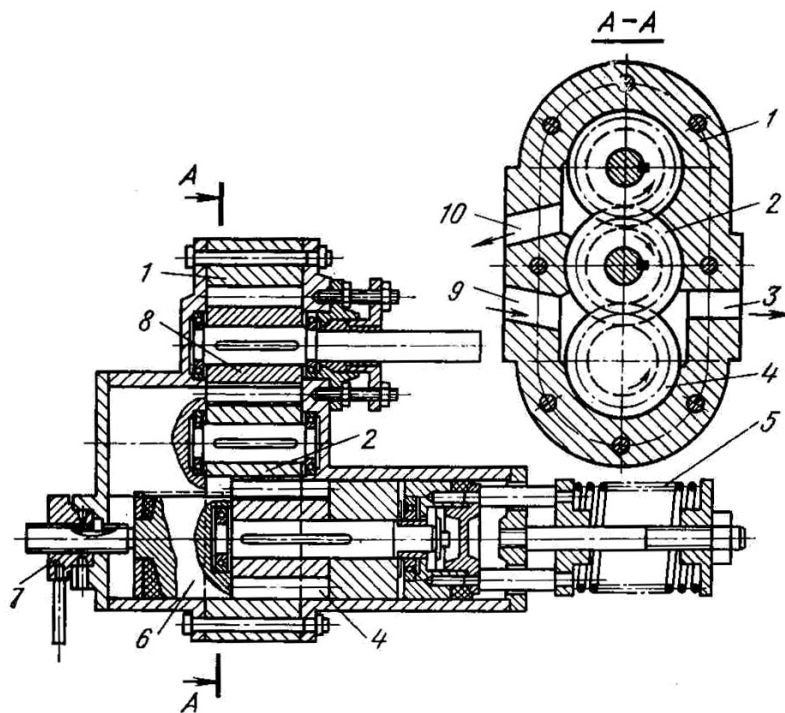


Рис. 5.5. Битумный насос-дозатор

В весовом дозаторе (рис. 5.6) нагретый битум из битумоплавильни 13 насосом 14 подается по трубе 15 в весовую бадью 3, обогреваемую в нижней части паровой или масляной рубашкой 4. Бадья подвешена на грузоприемном рычаге 2 к кронштейнам 1. Рычаг имеет гирию для уравнивания тары весов. Системой тяг рычаг 2 связан с обратным рычагом 10. Коромысла 8, линейка 9, связывающие их рамки, демпфер 11 и механизмы арретиров выполнены так же, как у весового дозатора минеральных материалов [18]. На весовом шкафу 7 установлен циферблат 12, указывающий недовес и перевес в пределах ± 2 кг. Взвешенная доза битума насосом впрыскивается в смеситель 16. Внутри бадьи введена контрольная труба 6 для слива излишков. Остатки битума из бадьи сливаются через отверстие, закрываемое пробкой 5.

Недостатками весовых дозаторов битума рассмотренного типа являются невысокая точность, цикличность действия, низкая культура производства.

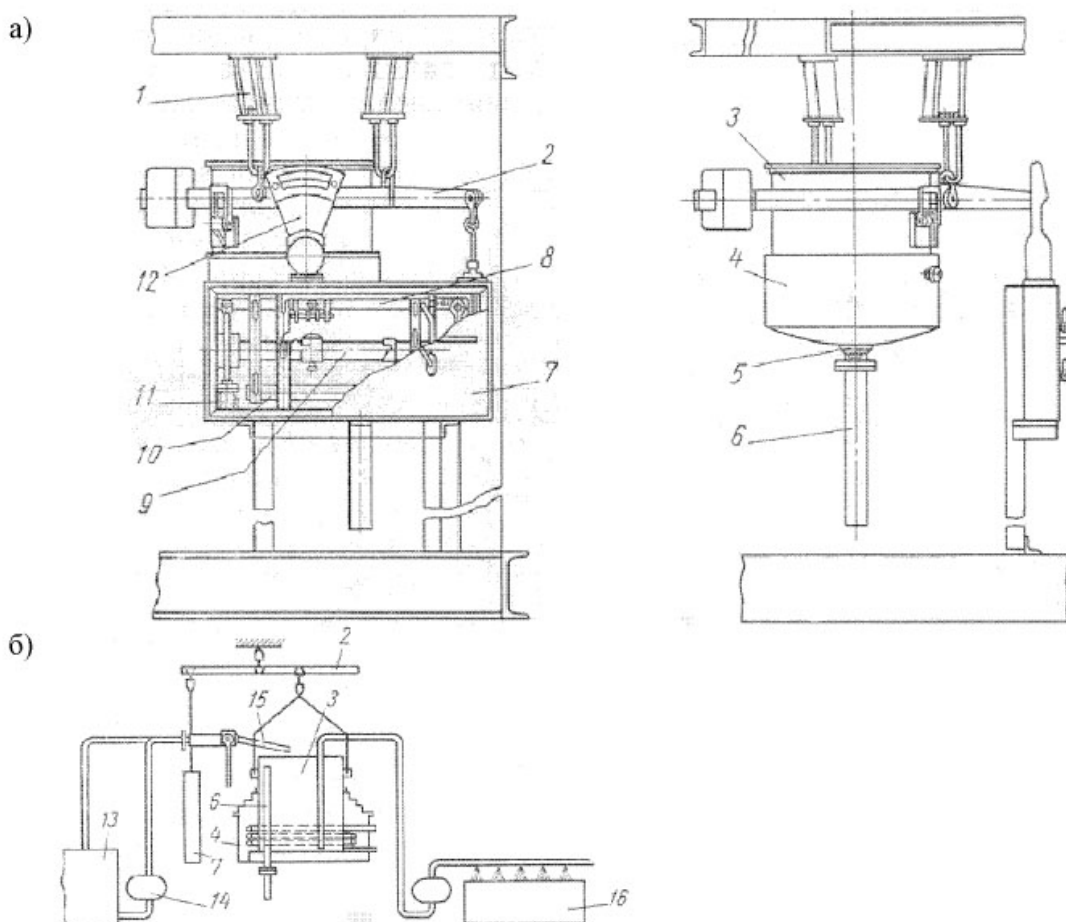


Рис. 5.6. Весовой дозатор битума:

а – конструкция; *б* – схема подачи битума

- 1 – кронштейн; 2 – рычаг; 3 – весовая бадья; 4 – рубашка обогрева; 5 – пробка;
 6 – контрольная труба; 7 – весовой шкаф; 8 – коромысло; 9 – линейка;
 10 – обратный рычаг; 11 – демпфер; 12 – циферблат; 13 – битумоплавильня;
 14 – насос; 15 – труба; 16 – смеситель

Пример дозатора битума объёмного действия приведён на рис. 5.7.

Снаружи битумный бак 2 имеет рубашку для обогрева. Теплоноситель (пар или масло), циркулирующий по внутренней полости рубашки бака дозатора, поддерживает требуемую температуру битума.

Поплавок 1 дозатора соединен стальным канатом 3 с сельсиндатчиком 4, который подает сигнал на сельсин-приемник циферблатного указателя, установленного в кабине оператора. Необходимая

доза битума определяется в зависимости от рецептурного состава смеси и устанавливается с помощью задающей стрелки с бесконтактным датчиком на циферблатном указателе. Кран для подачи битума в дозатор открывается пневмоцилиндром 6. Битум заполняет бак дозатора, одновременно перемещая поплавок вверх. Перемещение поплавка вызывает поворот ротора сельсин-датчика и соответственно сельсин-приемника. При наборе заданного объема битума флажок указывающей стрелки входит в зазор бесконтактного датчика задающей стрелки и подается сигнал на закрытие битумного крана. При поступлении сигнала на другую обмотку пневмораспределителя открывается кран для слива битума. Одновременно включается насос, подающий отмеренную дозу битума в смеситель. По мере уменьшения битума в мерном баке поплавок 1 опускается вниз и указывающая стрелка возвращается в нулевое положение.

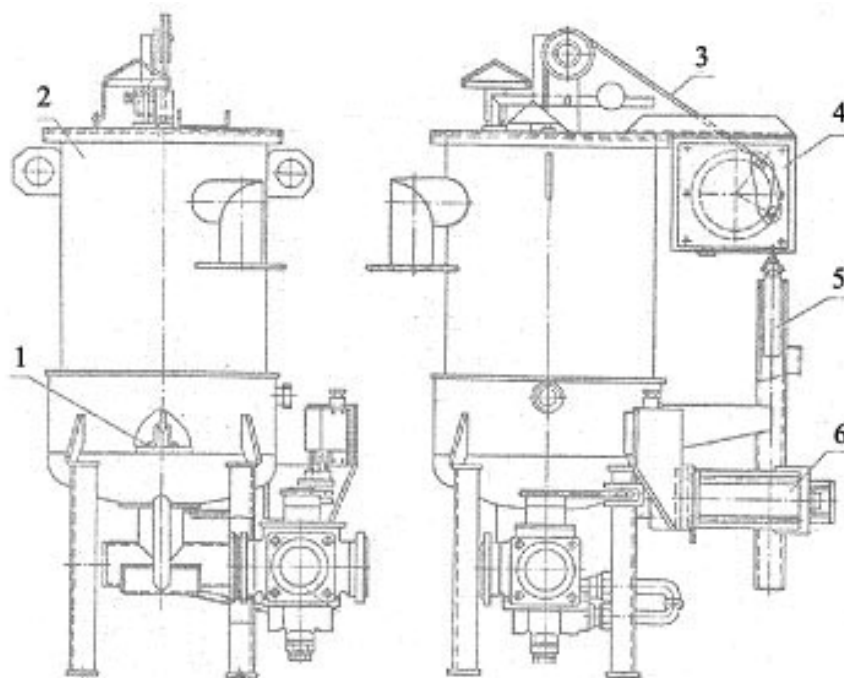


Рис. 5.7. Дозатор битума объёмного действия:
 1 – поплавок; 2 – бак; 3 – канат; 4 – сельсин-датчик; 5 – груз; 6 – пневмоцилиндр управления трёхходовым краном

Для недопущения перелива битума в мерном баке установлен дополнительный поплавок, который с помощью рычага через конечный выключатель отключает насос, подающий битум в дозатор.

Дозатор битума перед работой должен быть отрегулирован так, чтобы указывающая стрелка находилась в нулевом положении.

Наиболее совершенными дозаторами вяжущих материалов считаются устройства с высокоточными расходомерами. В современных асфальтосмесительных установках дозированная подача битума осуществляется также посредством контроля и регулирования частоты вращения вала битумного насоса [19].

5.3. Способы усовершенствования подачи битума на АБЗ

Одной из главных проблем при использовании битума в дорожной отрасли является сохранение качества вяжущего при его подготовке к смешению с минеральными составляющими асфальтобетонной смеси. Технология использования битума на АБЗ в зависимости от имеющегося оборудования, условий поставки и хранения вяжущего может включать различные операции и отличаться на разных предприятиях (рис. 5.8). Однако этап подготовки битума в расходной емкости невозможно исключить ни хранением в наземных резервуарах, ни высококачественной логистикой, ни современными нагревательными системами. Поэтому все проблемы данного технологического цикла остаются актуальными и полностью нерешенными.

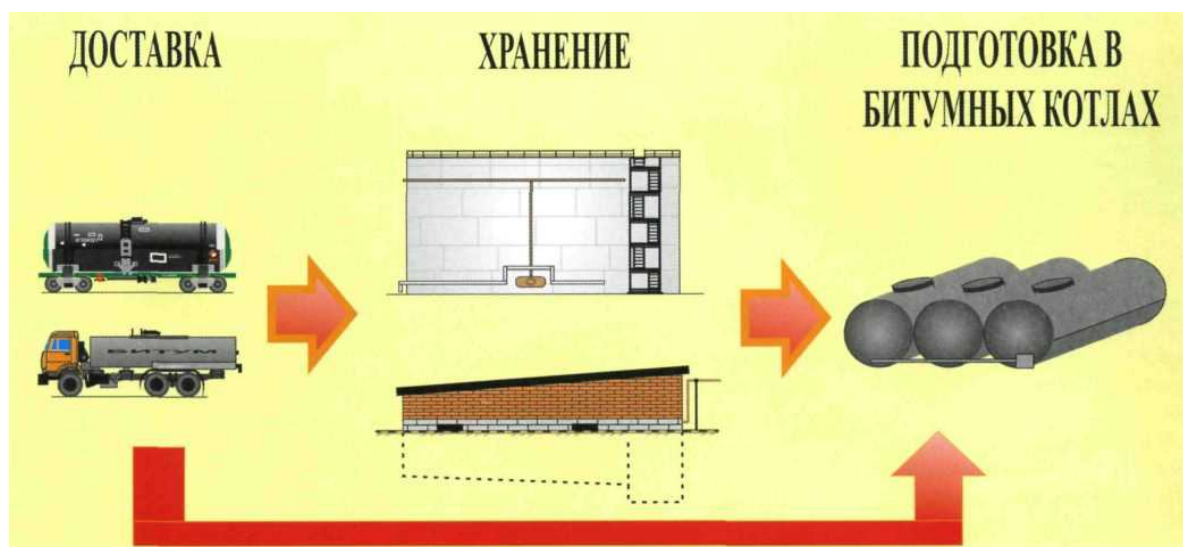


Рис. 5.8. Схема подготовки битума на АБЗ

Расходная емкость располагается в непосредственной близости к асфальтосмесительной установке (АСУ) и предназначена для

хранения битума с рабочей температурой (в зависимости от марки битума она составляет от 140 до 160 °С) и подачи его в дозатор АСУ.

В расходную емкость битум поступает с рабочей температурой, минуя, как правило, этапы хранения и обезвоживания. Доведение вяжущего до требуемой температуры осуществляется в резервных (битумоплавильных) котлах. Даже при «работе с колес» резервная емкость не исключается из схемы подготовки битума.

Технологически подача битума из рабочего котла в дозатор осуществляется шестеренчатым битумным насосом. Битум забирается из нижней части емкости и по прямой ветви битумного провода подается в дозатор АСУ, излишки же вяжущего по возвратной ветви сливаются обратно в емкость (рис. 5.9). Процесс повторяется многократно в течение всей смены. Так работают смесительные установки, производимые на территории постсоветского пространства. Подобная схема имеет определенные недостатки. Слив битума из возвратной ветви битумопровода является причиной активного взаимодействия битума с кислородом воздуха и его деградации. В сочетании с высокой технологической температурой интенсивность старения увеличивается в разы [17].

Непрерывная циркуляция битума не может быть даже использована для смешения битума с добавками ввиду своей неэффективности, и в случае применения таковых приходится приобретать дополнительное оборудование, а процесс подготовки битума удлиняется еще как минимум на 1–2 часа. Поэтому на сегодняшний день подобная технология подачи битума в дозатор является устаревшей.

Для обеспечения неизменности качества битума в расходной емкости при приготовлении асфальтобетонных смесей необходимо уменьшить температурное воздействие на вяжущее или время воздействия и устранить непрерывную циркуляцию в расходной емкости.

С этой целью предлагается уменьшить расходную емкость до объема, не превышающего часовой потребности в битуме. При этом ее можно разместить непосредственно на АСУ над битумным дозатором, что обеспечит поступление вяжущего в дозатор даже самотеком.

Такая компоновочная схема исключает циркуляцию битума.

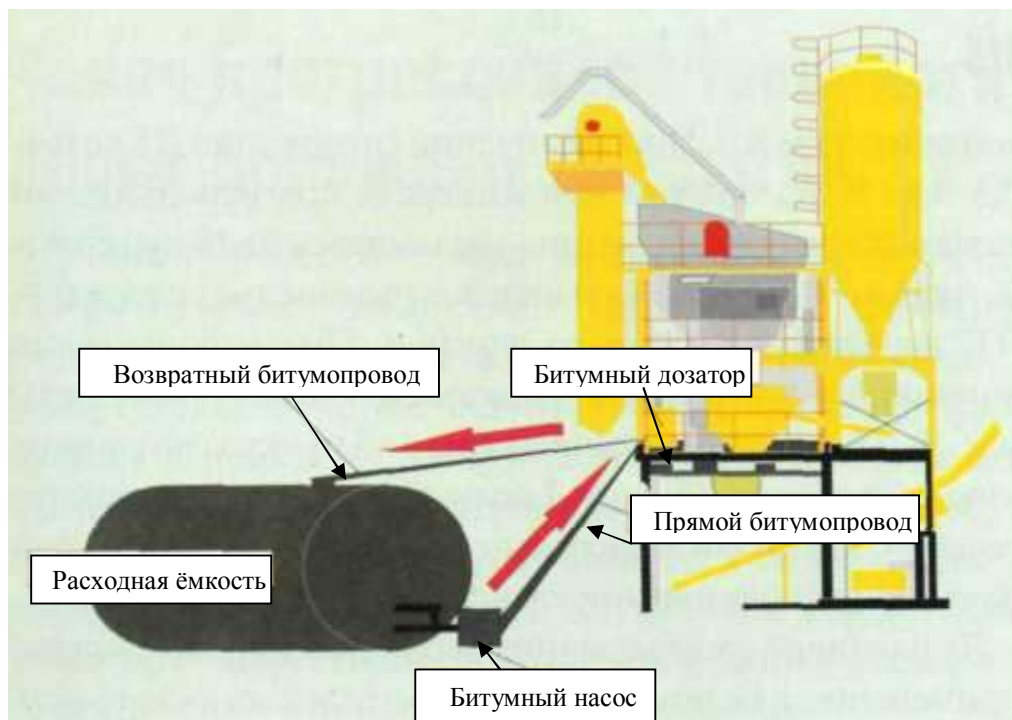


Рис. 5.9. Схема подачи битума в дозатор АСУ

Для уменьшения температурного воздействия на вяжущее следует снизить температуру подготовки битума в битумоплавильных агрегатах (резервных емкостях) до температуры не более 110 – 120 °С (даже в случае обводнения битума при хранении данной температуры достаточно для обезвоживания). Нагрев же вяжущего до температуры, требуемой для смешения с каменными материалами, должен осуществляться в емкости интенсивного нагрева, которая факультативно может служить местом смешения с поверхностно-активными (или иными) добавками. Для обеспечения этих функций емкость должна быть снабжена нагревательными элементами с развитой теплоотдающей поверхностью и устройствами, обеспечивающими перемещение нагреваемой массы (мешалка либо циркуляционный насос). Емкость интенсивного нагрева размещается между резервной емкостью и рабочим котлом, ее полезный объем не должен превышать часовой потребности смесительной установки в битуме. Таким образом, за время, пока используется битум расходной емкости (не более часа), подготавливается новая порция вяжущего в емкости интенсивного нагрева.

В целом технология включает следующие этапы (рис. 5.10):

- подача битума из хранилища либо битумовоза в резервные емкости;
- разогрев вяжущего до температуры не более 110 – 120 °С;

- подача битума в объеме, не превышающем часовой потребности в битуме, в емкость интенсивного нагрева;
- подача поверхностно-активных и иных добавок (при их применении) в емкость интенсивного нагрева;
- нагрев битума в течение часа до рабочей температуры и перемешивание с поверхностно-активными веществами (при их применении);
- подача битума в расходную емкость;
- подача битума в битумный дозатор.



Рис. 5.10. Схема ресурсосберегающей технологии подготовки битума

При подобной схеме подготовки вяжущего время пребывания его при высокой температуре (140–160 °С) не превышает двух часов, а кроме того, исключаются негативные последствия циркуляции битума ввиду исключения ее из технологического процесса (перемешивание в емкости интенсивного нагрева при помощи насоса осуществляется без слива битума на поверхность). Ожидается, что с внедрением данной технологии затраты энергии на нагрев вяжущего будут снижаться, так как за счет перемещения нагреваемой массы мешалкой (насосом) передача тепла от нагревателей будет осуществляться путем вынужденной конвекции. Кроме того, снизятся затраты на компенсацию тепловых потерь от поверхности резервного и рабочего котлов вследствие уменьшения температурного градиента между поверхностью резервного котла и окружающей средой (за счет снижения конечной температуры

нагрева в котле) и уменьшения теплоотдающей поверхности рабочего котла (за счет уменьшения его габаритных размеров).

Даже в случае, если битум поступает на асфальтобетонный завод с рабочей температурой (140–160 °С), преимущества технологии не исключаются. При этом в емкости интенсивного нагрева происходит лишь смешение с адгезионными (и иными) добавками (без разогрева) либо работа может осуществляться минуя емкость интенсивного нагрева.

Предлагаемая энерго- и ресурсосберегающая технология по своей сути является новым направлением развития оборудования для приготовления асфальтобетонных смесей.

Контрольные вопросы

1. Условия для сохранения качества битума в процессе приготовления асфальтобетонной смеси
2. Достоинства дозаторов объёмного типа.
3. Достоинства дозаторов с расходомером.
4. Принцип работы весового дозатора.
5. Как происходит обогрев битума в дозаторах?
6. Устройство дозатора поплавкового типа.
7. Какие достоинства и недостатки присущи насосу-дозатору?

6. БИТУМНЫЕ ЭМУЛЬСИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ

Битумная эмульсия представляет собой коллоидную смесь битума, воды и эмульгатора – химически активного вещества. Это жидкость коричневого цвета с размером частичек битума от 0,1 до 20 микрон, с содержанием по массе в системе от 40 до 80 процентов. Эмульсия является дисперсной системой, состоящей из двух взаимно нерастворимых жидкостей. Одна из них (дисперсная фаза) тонко измельчена (диспергирована) и находится в другой (дисперсионной среде). Как правило, одна жидкость представлена гидрофобным маслоподобным веществом (не смачиваемым водой), другая – водой. Различают два типа эмульсий: прямого типа (масло – фаза диспергирована в воде) и обратного типа (вода – фаза диспергирована в масляной среде). Обязательный компонент эмульсии – эмульгатор, который облегчает ее получение и повышает устойчивость против распада [14].

Применение битумных эмульсий в дорожном строительстве имеет ряд преимуществ перед неэмульгированным битумом: замедляется процесс старения битума в технологическом процессе приготовления эмульсионно-минеральных материалов по сравнению с “горячими” технологиями в 2 – 3 раза; отпадает необходимость сушить и нагревать каменные материалы, поскольку их обволакивание эмульсией улучшается при влажной поверхности зерен; возможность обработки эмульсией каменных материалов в сырую и холодную погоду при температуре воздуха до 5 °С, что способствует продлению строительного сезона и увеличению годовых объемов работ; сравнительно низкая вязкость прямых битумных эмульсий способствует повышению прочности получаемого материала и снижению расхода вяжущего на 25 – 30 %.

Производство битумной эмульсии – это сложный технологический процесс. Рецептура каждого вида битумной эмульсии определяется условиями ее применения, особенности технологии зависят от используемых материалов.

Суть технологического процесса производства битумной эмульсии заключается в том, что на первоначальном этапе вода подогревается до температуры 50 °С и смешивается со специальными добавками, которые активизируют эмульгирование, битум нагревается до температуры 150 °С. Кран водяной входной 5 (рис. 6.1),

битумный входной 6, водяной байпасный 8, битумный байпасный 7 и запорные вентили 9, 10 устанавливаются в открытое положение.

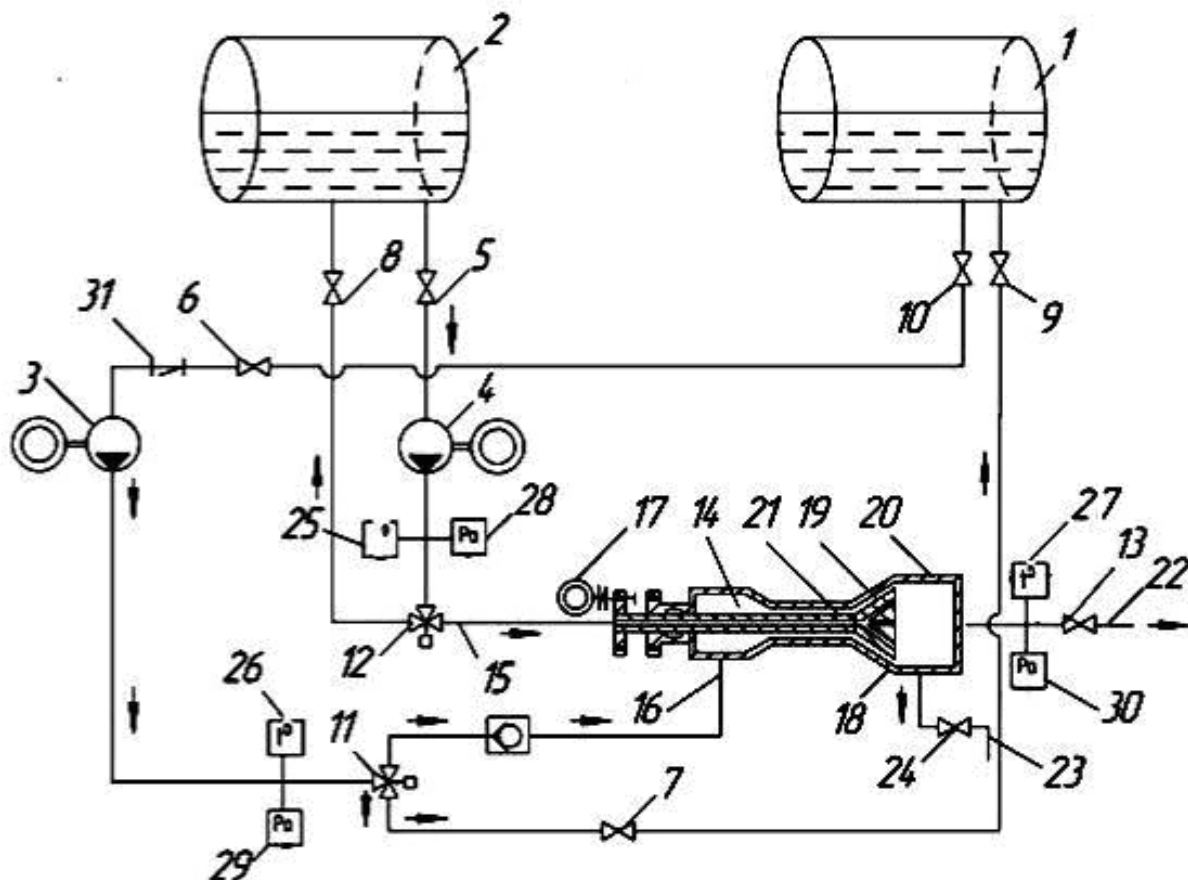


Рис. 6.1. Принципиальная схема установки для приготовления битумных эмульсий: 1, 2 – емкости, соответственно с битумом и водой; 3, 4 – насосы (битумный, водяной); 5, 6 – входные краны; 7, 8 – байпасные краны; 9, 10 – запорные вентили; 11, 12 – трехходовые краны; 13 – выпускной кран; 14 – аккумулирующая камера; 15, 16 – трубопроводы подачи воды и жидкого битума; 17 – шаговый двигатель; 18 – диффузорная часть кавитатора; 19 – конусообразный рабочий орган; 20 – смешительная камера; 21 – направляющий стержень; 22 – эмульсионный трубопровод; 23 – пробоотборник; 24 – кран; 25, 26, 27, 28, 29, 30 – датчики давления и температуры; 31 – фильтр воды

Битумный и водяной насосы-дозаторы 3 и 4 при этом работают, а краны 11 и 12 установлены в положение подачи на байпас, при котором компоненты по возвратным линиям подаются в емкости 1 и 2.

После достижения битумом и водной фазой необходимых параметров по температуре частично открывается выпускной кран 13 на подачу битумной эмульсии на склад готовой продукции и после

выравнивания давления воды и битума переключается кран 11, а после 1–2 секунд кран 12 на подачу компонентов в кавитационный диспергатор. Водный раствор из технологических наполнителей подается по трубопроводу 15 в основной канал направляющего стержня 21.

Для интенсивности смешивания предусмотрены дополнительные каналы в рабочей части кавитатора. По основному и дополнительному каналам направляющего стержня водный раствор технических наполнителей поступает в смесительную камеру кавитатора 20.

Для приготовления дорожных эмульсий используют разнообразные машины и установки, отличающиеся друг от друга принципом действия, конструкцией и техническими параметрами (производительностью, способом дозирования компонентов, скоростью вращения рабочих органов и др.) [12]. Классификация эмульсионных машин приведена на рис. 6.2.

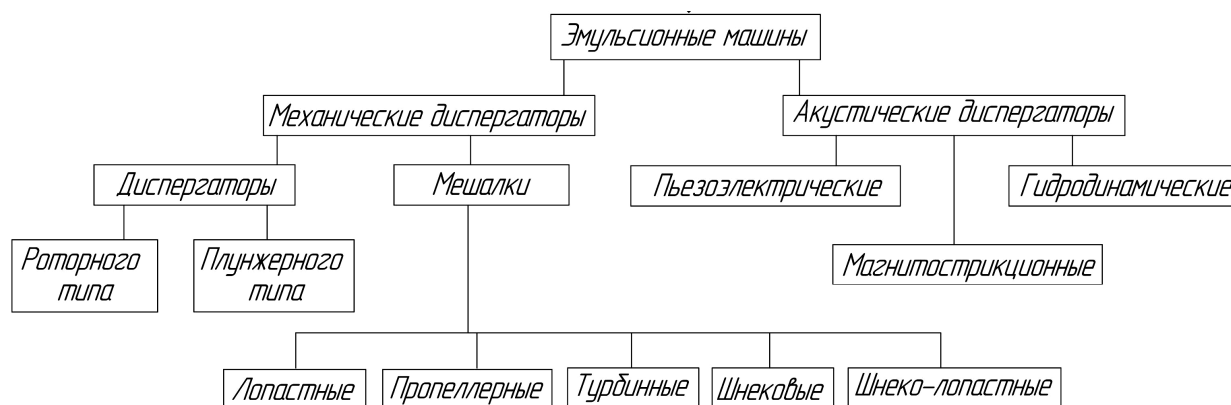


Рис. 6.2. Классификация эмульсионных машин

Диспергаторы относятся к оборудованию непрерывного действия. В них происходит измельчение одной жидкости в другой за счет приложения большой удельной механической энергии к жидкостям, находящимся в узком зазоре (0,2 – 0,4 мм) между ротором и статором.

Диспергаторы подразделяют на два типа: роторные и плунжерные. Диспергаторы первого типа имеют значительно меньшее количество трущихся деталей, чем плунжерные, и более просты конструктивно.

По количеству вращающихся дисков (роторов) диспергаторы подразделяют на одно-, двух- и трёхдисковые. Они также

различаются по количеству щелей между ротором и статором и между роторами, например однодисковый трехщелевой.

Для создания лучших условий эмульгирования рабочим поверхностям статора и ротора может придаваться различная форма: коническая, цилиндрическая, параболическая, извилистая и др. (рис. 6.3). Использование роторов с извилистой, волнистой или зубчатой поверхностью удлиняет путь движения жидкостей в зазоре между ротором и статором, что облегчает диспергирование и повышает дисперсность эмульсий.

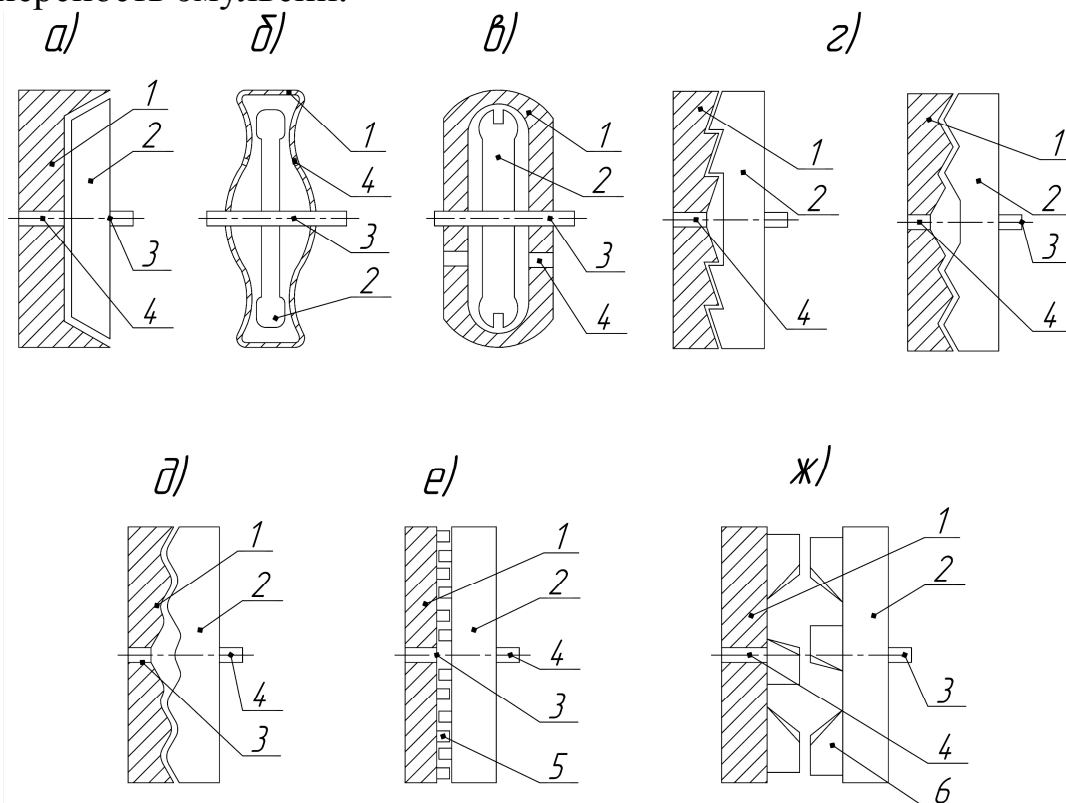


Рис. 6.3. Виды рабочих поверхностей диспергаторов роторного типа:
а – конические; *б* – цилиндрические; *в* – параболические; *г* – зубчатые;
д – извилистые; *е* – кулачковые; *ж* – турбинные; 1 – статор; 2 – ротор;
 3 – вал; 4 – загрузочные или разгрузочные отверстия; 5 – кулачковые
 била; 6 – турбинные лопатки

Развитием конструкций роторных эмульсионных машин с зубчатой или волнистой поверхностью рабочего органа является турбосмеситель (рис. 6.4), конструктивностью напоминающий дезинтегратор. Для эмульгирования материалов в нём служат специальные кулачки, укрепленные по концентрическим кругам на торцевой стороне вращающегося ротора и на съёмной крышке статора.

Турбосмеситель обладает небольшой массой, компактностью, высокой производительностью, сравнительно малой энергоемкостью.

Применение мешалок для приготовления эмульсий основано на принципе химического эмульгирования при повышенном количестве поверхностно-активного эмульгатора. Эмульсия в этом случае может образоваться самопроизвольно или для ее получения требуется простейшее оборудование, осуществляющее, например, механическое перемешивание или взбалтывание, однако несмотря на простоту этого способа, на практике он не нашел широкого применения, так как эмульсии в этом случае распадаются медленно.

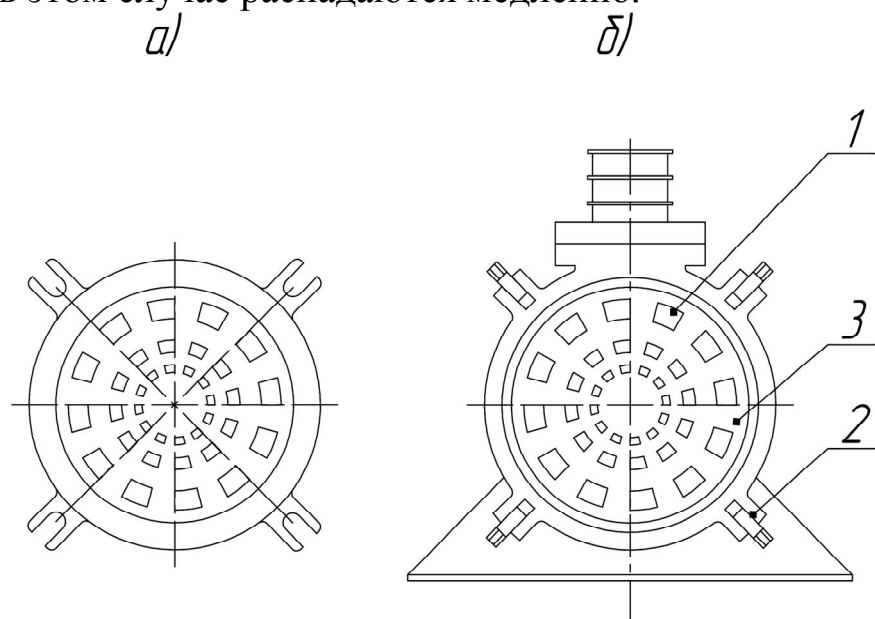


Рис. 6.4. Турбосмеситель с кулачковыми рабочими органами:
а – крышка; *б* – смеситель со снятой крышкой;
 1 – ротор; 2 – статор; 3 – кулачки

Мешалки являются оборудованием порционного действия. Известны три основных типа перемешивающих устройств (рис. 6.5): лопастные (частота вращения лопастей от 20 – 30 до 800 – 1000 об/мин), винтовые (частота вращения винта 300 – 1000 об/мин) и турбинные (частота вращения турбин 100 – 320 об/мин).

По расходу энергии на производство 1 т эмульсии наиболее экономичными являются лопастные мешалки с малым числом оборотов, наименее экономичными – турбинные. Лопастные мешалки по конструкции значительно проще диспергаторов. Их широко используют для приготовления обратных эмульсий с применением

жидких вязущих материалов – каменноугольного дегтя или сланцевого битума, с нефтяным вязким битумом [12].

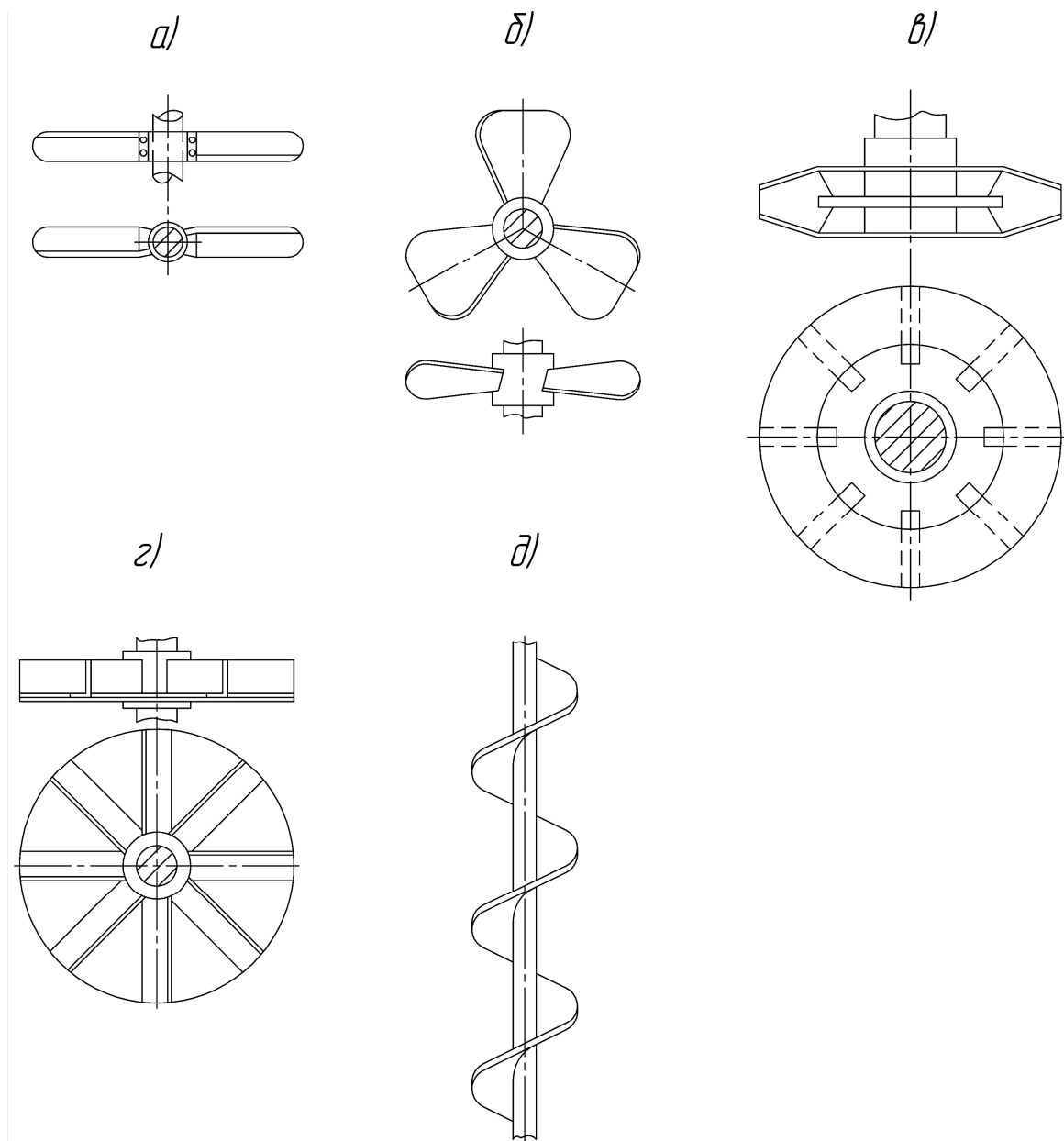


Рис. 6.5. Типы перемешивающих органов в мешалках для приготовления эмульсий: *а* – лопастные; *б* – винтовые (пропеллерные); *в* – турбинные закрытого типа; *г* – турбинные открытого типа; *д* – шнековые

В акустических эмульсионных установках источниками звуковых и ультразвуковых колебаний являются электро-механические и гидродинамические вибраторы.

В качестве источников звуковых и ультразвуковых колебаний в промышленных акустических эмульсионных установках используют

преимущественно гидродинамические вибраторы, эффективно диспергирующие жидкость в жидкости.

Контрольные вопросы

1. Что такое битумная эмульсия и для чего она применяется в дорожном строительстве?
2. Технологическая схема приготовления битумных эмульсий.
3. Классификация диспергаторов.
4. Преимущества и недостатки диспергаторов с различными видами рабочих поверхностей.

7. ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ БИТУМА ПРИ ЗАЩИТЕ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Транспортировка нефти, газа и нефтепродуктов по трубопроводам является наиболее эффективным и безопасным способом их транспортировки на значительные расстояния. Этим способом доставки нефти и газа от районов их добычи к потребителям пользуются уже более 100 лет. Долговечность и безаварийность работы трубопроводов напрямую зависит от эффективности их противокоррозионной защиты. Для сведения к минимуму риска коррозионных повреждений трубопроводы защищают антикоррозионными покрытиями и дополнительно средствами электрохимзащиты. При этом изоляционные покрытия обеспечивают первичную ("пассивную") защиту трубопроводов от коррозии, выполняя функцию "диффузионного барьера", через который затрудняется доступ к металлу коррозионно-активных агентов (воды, кислорода воздуха). При появлении в покрытии дефектов предусматривается система катодной защиты трубопроводов – "активная" защита от коррозии.

Для того чтобы защитное покрытие эффективно выполняло свои функции, оно должно удовлетворять целому ряду требований, основными из которых являются: низкая влажнокислородопроницаемость, высокие механические характеристики, высокая и стабильная во времени адгезия покрытия к стали, стойкость к катодному отслаиванию, хорошие диэлектрические характеристики, устойчивость покрытия к ультрафиолетовому и тепловому старению. Изоляционные покрытия должны выполнять свои функции в широком интервале температур строительства и эксплуатации трубопроводов, обеспечивая их защиту от коррозии на максимально возможный срок их эксплуатации.

История применения защитных покрытий трубопроводов насчитывает более 100 лет, однако до сих пор не все вопросы в этой области благополучно решены. С одной стороны, постоянно повышается качество защитных покрытий трубопроводов, практически каждые 10 лет появляются новые изоляционные материалы, новые технологии и оборудование для нанесения покрытий на трубы в заводских и трассовых условиях. С другой стороны, становятся все более жесткими условия строительства и

эксплуатации трубопроводов (строительство трубопроводов в условиях Крайнего Севера, в Западной Сибири, освоение морских месторождений нефти и газа, глубоководная прокладка, строительство участков трубопроводов методами "наклонно-направленного бурения", "микротоннелирования", эксплуатация трубопроводов при температурах до 100 °С и выше и др.).

На протяжении многих десятилетий битумно-мастичное покрытие являлось основным типом наружного защитного покрытия отечественных трубопроводов. К преимуществам битумно-мастичных покрытий следует отнести их дешевизну, большой опыт применения, достаточно простую технологию нанесения в заводских и трассовых условиях. Битумные покрытия проницаемы для токов электрозащиты, хорошо работают совместно со средствами электрохимической защиты. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 51164–98 "Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии" конструкция битумно-мастичного покрытия состоит из слоя битумной или битумно-полимерной грунтовки (раствор битума в бензине), двух или трех слоев битумной мастики, между которыми находится армирующий материал (стеклохолст или стеклосетка) наружного слоя из защитной обертки. В качестве защитной обертки ранее использовались оберточные материалы на битумно-каучуковой основе типа "бризол", "гидроизол" и др. или крафт-бумага. В настоящее время применяют преимущественно полимерные защитные покрытия толщиной не менее 0,5 мм, грунтовку битумную или битумно-полимерную, слой мастики битумной или битумно-полимерной, слой армирующего материала (стеклохолст или стеклосетка), второй слой изоляционной мастики, второй слой армирующего материала, наружный слой защитной полимерной обертки. Общая толщина битумно-мастичного покрытия усиленного типа составляет не менее 6,0 мм, а для покрытия трассового нанесения нормального типа – не менее 4,0 мм.

Основными недостатками битумно-мастичных покрытий являются: узкий температурный диапазон применения (от минус 10 до плюс 40 °С), недостаточно высокая ударная прочность и стойкость к продавливанию, повышенная влагонасыщаемость и низкая биостойкость покрытий. Срок службы битумных покрытий ограничен и, как правило, не превышает 10–15 лет. Рекомендуемая область применения битумно-мастичных покрытий – защита от коррозии трубопроводов малых и средних диаметров, работающих при

нормальных температурах эксплуатации. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 51164–98 применение битумных покрытий ограничивается диаметрами трубопроводов не более 820 мм и температурой эксплуатации не выше плюс 40 °С.

У российских нефтяников большой популярностью пользуется комбинированное мастично-ленточное покрытие типа "Пластобит". Конструктивно покрытие состоит из слоя адгезионного праймера, слоя изоляционной мастики на основе битума или асфальтосмолистых соединений, слоя изоляционной полимерной ленты толщиной не менее 0,4 мм и слоя полимерной защитной обертки толщиной не менее 0,5 мм. Общая толщина комбинированного мастично-ленточного покрытия составляет не менее 4,0 мм.

При нанесении изоляционной битумной мастики в зимнее время ее, как правило, пластифицируют, вводят добавки специальных масел, которые предотвращают охрупчивание мастики при отрицательных температурах окружающей среды. Битумная мастика, наносимая по праймеру, обеспечивает адгезию покрытия к стали, и является основным изоляционным слоем покрытия. Полимерная лента и защитная обертка повышают механические характеристики и ударную прочность покрытия, обеспечивают равномерное распределение изоляционного мастичного слоя по периметру и длине трубопровода.

Практическое применение комбинированных покрытий типа "Пластобит" подтвердило их достаточно высокие защитные и эксплуатационные характеристики. Данный тип покрытия в настоящее время наиболее часто применяют при проведении работ по ремонту и переизоляции действующих нефтепроводов, имеющих битумные покрытия. При этом в конструкции битумно-ленточного покрытия применяют преимущественно полиэтиленовые термоусаживающиеся ленты, обладающие повышенной теплостойкостью и высокими механическими характеристиками, а в качестве изоляционных мастик используют специальные модифицированные битумные мастики нового поколения.

Основные недостатки комбинированного мастично-ленточного покрытия те же, что и у битумно-мастичных покрытий – недостаточно широкий температурный диапазон применения (от минус 10 до плюс 40 °С) и недостаточно высокие физико-механические показатели свойств (ударная прочность, стойкость к продавливанию и др.).

Контрольные вопросы

1. Что такое «активная» и «пассивная» защита нефтегазопроводов?
2. Преимущества и недостатки битумно-мастичных покрытий нефтегазопроводов.
3. Использование покрытий типа "Пластобит" для защиты трубопроводов от коррозии. Преимущества и недостатки.

Варианты заданий

Номер задания	Производительность установки, тыс. т/год	Марка битума	Нефть
1	90	БНД – 40/60	Смесь ухтинских нефтей
2	160	БНД – 60/90	Ромашкинская нефть
3	120	БНД– 90/130	Смесь западно-украинских нефтей
4	85	БНД – 40/60	Смесь западно-сибирских нефтей
5	70	БНД – 60/90	Смесь ухтинских нефтей
6	60	БНД– 90/130	Ромашкинская нефть
7	90	БНД – 40/60	Смесь западно-украинских нефтей
8	110	БНД – 60/90	Смесь западно-сибирских нефтей
9	150	БНД– 90/130	Смесь ухтинских нефтей
10	105	БНД – 40/60	Ромашкинская нефть
11	100	БНД – 60/90	Смесь западно-украинских нефтей
12	50	БНД– 90/130	Смесь западно-сибирских нефтей
13	180	БНД – 40/60	Смесь ухтинских нефтей
14	60	БНД – 60/90	Ромашкинская нефть
15	120	БНД– 90/130	Смесь западно-украинских нефтей
16	85	БНД – 40/60	Смесь западно-сибирских нефтей
17	70	БНД – 60/90	Смесь ухтинских нефтей
18	60	БНД– 90/130	Ромашкинская нефть
19	90	БНД – 40/60	Смесь западно-украинских нефтей
20	110	БНД – 60/90	Смесь западно-сибирских нефтей
21	150	БНД– 90/130	Смесь ухтинских нефтей
22	105	БНД – 40/60	Ромашкинская нефть
23	100	БНД – 60/90	Смесь западно-украинских нефтей

Приложение 2

Варианты заданий

Номер задания	Расход битума, т/смену	Тип битумохранилища	Способ обогрева
1	12	Ямное	Маслом
2	8	Полуямное	Паром
3	14	Цистерна	Электричеством
4	17	Наружное	Огневой
5	16	Ямное	Электричеством
6	19	Полуямное	Огневой
7	22	Цистерна	Маслом
8	9	Наружное	Паром
9	10	Цистерна	Электричеством
10	6	Наружное	Огневой
11	27	Ямное	Маслом
12	15	Полуямное	Электричеством
13	20	Цистерна	Огневой
14	10	Полуямное	Маслом
15	12	Цистерна	Паром
16	19	Наружное	Огневой
17	19	Ямное	Маслом
18	10	Полуямное	Паром
19	6	Цистерна	Электричеством
20	7	Наружное	Огневой
21	9	Наружное	Огневой
22	10	Цистерна	Паром
23	12	Ямное	Маслом
24	15	Полуямное	Паром
25	8	Наружное	Электричеством

Варианты заданий

Номер задания	Вместимость цистерны, тыс. л	Расстояние от базы до места работ, км	Тип вяжущего	Площадь покрытия, м ²	Норма розлива, т/1000 м ²
1	2	32, 34, 36, 38	Битум	500	2,1
2	18	20, 22, 24, 26	Эмульсия	2000	19
3	3	5, 6, 7, 8	Битум	400	2
4	4	7, 9, 11, 13	Эмульсия	1200	3
5	10	10, 14, 18, 22	Битум	3000	14
6	5	12, 15, 18, 21	Эмульсия	1500	1,5
7	16	15, 17, 19, 21	Битум	1400	14
8	7	19, 23, 27, 31	Эмульсия	1000	2
9	8	21, 25, 29, 32	Битум	8000	3
10	4	24, 30, 36, 42	Эмульсия	4000	3
11	12	25, 30, 35, 40	Битум	5000	6
12	5	28, 32, 36, 40	Эмульсия	6000	0,8
13	6	31, 35, 39, 43	Битум	7000	7
14	7	33, 37, 41, 45	Эмульсия	400	1
15	12	10, 14, 18, 22	Битум	1200	1,5
16	14	12, 18, 24, 30	Эмульсия	3000	1,8
17	3	15, 20, 25, 30	Битум	1500	0,7
18	4	19, 25, 31, 37	Эмульсия	1400	0,5
19	15	21, 25, 29, 33	Битум	1000	3
20	6	24, 30, 36, 42	Эмульсия	8000	2,5
21	7	25, 35, 45, 55	Битум	4000	1,2
22	9	28, 35, 42, 49	Эмульсия	3500	1,1
23	16	31, 35, 39, 43	Битум	2500	2,1
24	12	33, 37, 41, 45	Эмульсия	1500	2,6
25	14	40, 45, 50, 55	Битум	2800	7

Библиографический список

1. Дорожные машины. Ч. 2: Машины для устройства дорожных покрытий : учебник для вузов / К.А. Артемьев, Т.В. Алексеева, В.Г. Белокрылов, В.Б. Пермяков и др. – М. : Машиностроение, 1982. – 397 с.
2. Дорожно-строительные машины и комплексы : учебник для вузов / В. И. Баловнев, А. Б. Ермилов, А. Н. Новиков и др. – М. : Машиностроение, 1988. – 384 с.
3. Битумный справочник 2014 // К. Блажеёвский, Я. Ольшацкий, Х. Печаковский; пер. с польск. – Плоцк, Польша : ОРЛЕН Асфальт, 2014. – 242 с.
4. ГОСТ 11501–78. Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы. – Введ. с 01.01.1980. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2008. – 7 с.
5. ГОСТ 11505–75. Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости. – Введ. с 01.01.1977. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2008. – 4 с.
6. ГОСТ 11506–73. Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару. – Введ. с 01.07.1974. – М. : ИПК “Издательство стандартов”, 2003. – 6 с.
7. ГОСТ 11507–78. Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу. – Введ. с 01.01.1980. – М. : ИПК “Издательство стандартов”, 2008. – 7 с.
8. ГОСТ 4333–87. Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле. – Введ. с 01.07.1988. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2008. – 8 с.
9. ГОСТ 20739–75. Битумы нефтяные. Метод определения растворимости. – Введ. с 01.01.1976. – М. : ИПК «Издательство стандартов», 2004. – 6 с.
10. ГОСТ 11503–74. Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости. – Введ. с 01.01.1976. – М. : СТАНДАРТИНФОРМ, 2008. – 4 с.
11. Грудников, И.Б. Производство нефтяных битумов. – М. : Химия, 1983. – 192 с.
12. Губач, Л.С. Органические вяжущие вещества : методические указания к лабораторной работе. – Омск : СибАДИ, 1993. – 32 с.
13. Кемалов, А.Ф. Производство окисленных битумов : учебное пособие / А.Ф. Кемалов, Р.А. Кемалов, Т.Ф. Ганиева; под ред. А.Ф.Кемалова. – Казань : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 117 с.
14. Технологические машины и комплексы в дорожном строительстве (производственная и техническая эксплуатация): учебное пособие для вузов (для бакалавров и магистров)/ В.Б. Пермяков, С. В. Мельник, В. И. Иванов и др. ; под ред. В.Б. Пермякова. – М. : ООО «ИД "БАСТЕТ"» , 2014. – 752 с.
15. Дорожные машины и оборудование. Машины и заводы для постройки дорожных покрытий: учебник для вузов / Я. М. Пиковский, С.М. Полосин-Никитин, Н.П. Вошинин, В.И. Баловнев; под ред. Я. М. Пиковского. – М. : Машгиз, 1960. – 604 с.

16. Изучение свойств битума : методические указания / сост.: Л.Н. Пименова, П.В. Зомбек. – Томск : Изд-во Томского гос. архит.-строит. ун-та, 2008. – 19 с.

17. Саенко, С.С. Пережиток прошлого. Способы усовершенствования технологии подачи битума в дозатор / С.С. Саенко, Ю.Я. Никулина // Автомобильные дороги. – 2011. – № 7. – С. 84 – 85.

18. Технологические расчёты установок переработки нефти : учебное пособие для вузов / М.А. Танатаров, М.Н. Ахметшина, Р.А. Фасхутдинов и др. – М. : Химия, 1987. – 352 с.

19. Дорожные машины. Теория, конструкции и расчет : учеб. для вузов / Н. Я. Хархута, М.И. Капустин, В.П. Семёнов и др. – Л. : Машиностроение, 1968. – 415 с.