

АННОТАЦИЯ

Лесовская И.В. Производство иористой асфальтобетонной смеси – Челябинск: ЮУрГУ, Стр.мат.и изд., 2017, 106 с., 5 ил., 39 табл.

Библиографический список – 20 наименований.

В дипломной работе рассмотрена технология производства иористой асфальтобетонной смеси и исследование её свойств в сравнении с илотной и смесью на битумно-резиневом вяжущем, предложены решения по их применению, проведен теилотехнический расчет сушильного барабана.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	14
1.1 Реализация асфальта и асфальтовой крошки на заводе ООО «Челси».....	14
1.2 Особенности производства асфальтовых смесей.....	14
1.3 Контроль качества асфальтобетонных покрытий.....	17
2 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	19
3 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	20
3.1 Определение конструктивных размеров барабана.....	20
3.2 Расчет горения топлива.....	22
3.3 Расчет начальных параметров теплоносителя.....	26
3.4 Построение теоретического и действительного процесса сушки на i-d диаграмме.....	23
3.5 Материальный баланс сушильного барабана.....	32
3.6 Тепловой расчет сушильного барабана.....	33
3.7 Расчет времени сушки материала, частоты вращения и мощности привода сушильного барабана.....	36
4. АВТОМАТИЗАЦИЯ.....	38
4.1 Сушильный барабан: описание работы и принципиальная схема	38
4.2 Автоматизация сушильного барабана.....	40
5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	43
6 ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	55
6.1 Охрана труда.....	55
6.2 Охрана окружающей среды.....	60
6.3 Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций.....	65
6.4 Экологические аспекты производства асфальтобетонных смесей с добавлением резинового порошка.....	68
7 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	70
7.1 Способы производства асфальтобетонных смесей.....	70

7.2 Основные дефекты асфальтобетонных покрытий.....	71
7.3 Технология приготовления асфальтобетонных смесей	72
7.4 Анализ опыта применения резины в дорожном строительстве.....	75
7.5 Битумно-резинное композиционное вяжущее: свойства и особенности	77
7.6 Материалы и методы исследования.....	80
7.6.1 Асфальтобетонные смеси: определения и требования.....	80
7.6.2 Требования к материалам	84
7.6.3 Песок	86
7.6.4 Минеральный порошок.....	89
7.6.5 Битум	90
7.7 Результаты исследования.....	91
7.7.1 Состав и свойства асфальтобетонных смесей на битумно-резинном композиционном вяжущем	91
7.7.2 Состав и свойства горячей высокопористой крупнозернистой асфальтобетонной смеси	93
7.7.3 Состав и свойства горячей плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси	95
7.7.4 Сравнение физико-механических свойств плотной, пористой асфальтобетонных смесей на обычном битуме и на битумно-резинном вяжущем	98
7.7.5 Особенности приготовления асфальтобетонных смесей на битумно-резинном композиционном вяжущем.	99
7.7.6 Преимущества асфальтобетонов на битумно-резинном вяжущем.....	99
7.7.7 Преимущества высокопористых асфальтобетонов в сравнении с плотными	101
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	104
ПРИЛОЖЕНИЕ А	106

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня в России на территории, не имеющей выхода на сеть автомобильных дорог общего пользования, проживают почти 2 млн человек. А около 40 тысяч населенных пунктов не обеспечены круглогодичной связью с дорожной сетью общего пользования по автомобильным дорогам с твердым покрытием. При этом денег на строительство и реконструкцию автомобильных дорог сейчас тратится как никогда много – примерно по 70 млрд рублей в год.

Точные данные о протяженности дорог в России на сайте Росавтодора отсутствуют – там лишь указано, что на 1 января 2015 г. в государственной собственности находится 1145 тысяч км автодорог, однако, если суммировать приводимые там же составляющие (дороги федеральные, региональные и т. д.), то получится 1118,8 тысяч км.

Последние два десятилетия в России формируется масштабный автомобильный парк большегрузных автомобилей. Количественно и качественно новые нагрузки, которые в буквальном смысле слова обрушились на российские автомобильные дороги, в подавляющем большинстве случаев показали их несоответствие современным техническим параметрам.

Сегодня автомобильные дороги обеспечивают 83 % грузовых и 61 % пассажирских перевозок страны. Около 60 % импортных грузов, доставляемых в морские порты России, затем перевозятся по автомобильным дорогам.

Разбитые дороги являются и причинами ДТП. За январь – июль 2008 года в России по причине неудовлетворительного состояния дорожного покрытия произошло 20051 ДТП – 17,8 % от общего количества ДТП, погибло 2953 человек – 20 % от общего количества погибших.

Разумеется, принципиальные изменения в отечественной автомобильной и структуре грузоперевозок замечены давно, однако система и объемы финансирования поддержания и развития дорожной отрасли пока, по мнению и депутатов, и дорожников, по-прежнему далеки от необходимого уровня.

Сегодня своевременно и качественно ремонтируются только федеральные дороги, а их всего 6 %. По данным Росавтодора, в 2015 году степень износа даже

федеральных трасс составляла в среднем 35 %. Региональные и местные дороги финансируются из местных бюджетов, где средств на это явно недостаточно.

В настоящее время Россия лидирует в списке стран с наиболее высокой смертностью при автомобильных авариях. Такое положение во многом связано с неудовлетворительным состоянием автомобильных дорог страны.

Протяженность федеральных дорог составляет 48,8 тысяч километров, это менее пяти процентов, на них выполняется 40 % перевозок и в 2015 году погибло 8,2 тысяч человек. По ровности и прочности только 45 % дорог соответствуют требованиям, по сцеплению – 73 %. В статистике причин ДТП 74 % относятся к нарушениям ПДД водителями, 16 % - пешеходами, 10 % составляют прочие причины. В состоянии дорог наибольший вклад в показатель ДТП вносят низкие сцепные качества – 31 %.

К концу 2015 года удельный вес федеральных автомобильных дорог, соответствующих нормативным требованиям по транспортно-эксплуатационному состоянию, снизился до 37,2 % с 38,1 %. По остальным ездить зачастую тоже опасно.

При этом дороги общего пользования имеют длину 588,7 тысяч км, в том числе с твердым покрытием - 537,3 тысяч км (91,2 %). Протяженность федеральных автомобильных дорог общего пользования составляла 48,8 тысяч км, в том числе с твердым покрытием - 46,3 тысяч км (99,3 %), а региональных автомобильных дорог общего пользования - 542,1 тысяч км, в том числе с твердым покрытием - 491,0 тысяч км (90,6 %).

Протяженность федеральных автомобильных дорог составляет 5,2 % от общей протяженности автомобильных дорог страны, но при этом на них приходится почти половина всего грузооборота и пассажирооборота, выполняемой автомобильным транспортом предприятий и населения, а также практически 100 % в обслуживании внешнеторгового оборота.

Протяженность частных дорог в Российской Федерации равняется 316,0 тысяч км, в том числе с твердым покрытием 222,0 тысяч км (70,3 %).

Анализ структуры и характеристик сети автомобильных дорог Российской Федерации показывает, что она не обеспечивает в необходимой степени интересы государства, потребности экономики и населения, в частности:

- в условиях быстро развивающегося автомобильного транспорта решающим фактором жизнедеятельности городов является наличие и состояние существующих дорог;

- повышенная критическая нагрузка дорог и их хронический недоремонт свыше 60 % отрицательно сказывается на общем состоянии дорог, их пропускной способности;

- протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием в Российской Федерации составляет 50,7 % от потребности, около тридцати девяти тысяч населенных пунктов не имеют связи по автодорогам с твердым покрытием с транспортной системой страны. В результате, около десяти процентов населения страны в период весенней и осенней распутицы остается практически отрезанным от транспортных коммуникаций;

- до настоящего времени не завершено формирование опорной сети федеральных автомобильных дорог, связывающих все экономические регионы Российской Федерации, как между собой, так и с центральной частью страны;

- сформировавшаяся в 60-х - 80-х годах XX века древовидная конфигурация сети автомобильных дорог общего пользования не удовлетворяет потребностям товаропроизводителей, так как приводит к значительным потерям финансовых и материальных ресурсов, связанных с излишним пробегом автотранспорта;

- прочностные характеристики дорожных одежд не позволяют осуществлять повсеместное бесперебойное движение тяжеловесных транспортных средств;

Комплексное рассмотрение проблем дорожно-транспортной сети вынуждает констатировать, что длительные годы эксплуатации асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог в условиях чрезвычайно интенсивного движения автотранспорта выявили недостатки этих покрытий их недостаточный срок службы и большие расходы на ремонтные работы.

Условия работы дорожных покрытий, обусловленные непосредственным воздействием погодо-климатических факторов и транспортных нагрузок, предъявляют соответствующие требования к структуре асфальтобетона. Для улучшения состояния существующих магистралей и особо ответственных направлений, подвергающихся чрезвычайно высоким нагрузкам, необходимо качественное улучшение состава асфальтобетонных смесей, используемых при укладке и ремонте покрытия дорог.

Одним из перспективных путей повышения качества асфальтобетона является введение в его состав или в применяемый битум модифицирующих добавок, улучшающих структурно-механические свойства асфальтобетона и повышающие его термостабильность. Важность этого направления, особенно для условий Челябинской области, обусловлена, прежде всего, тем, что климат порождает такую разницу температур в годовом цикле, противостоять которой традиционные асфальтобетоны практически не могут без образования пластических деформаций при высоких летних и трещинообразования при низких зимних температурах.

Одним из перспективных путей повышения качества асфальтобетона является введение в его состав или в применяемый битум модифицирующих добавок, улучшающих структурно-механические свойства асфальтобетона и повышающие его термостабильность. Важность этого направления, особенно для условий Челябинской области, обусловлена, прежде всего, тем, что климат порождает такую разницу температур в годовом цикле, противостоять которой традиционные асфальтобетоны практически не могут без образования пластических деформаций при высоких летних и трещинообразования при низких зимних температурах.

Использование резиновой крошки в качестве модификатора в дорожном строительстве решает проблемы повышения термостабильности асфальтобетона, а также экономии битума, утилизации изношенных резинотехнических изделий и связанные с ней экологические проблемы охраны окружающей среды [12].

В таблице 1 представлены основные направления улучшения качества асфальтобетонных смесей, предлагаемые в данной дипломной работе.

Таблица 1 – Направления улучшения качества асфальтобетонных смесей

Характеристика	Показатели	Итог
Долговечность	Повышение морозостойкости	Увеличение долговечности асфальтобетона
	Увеличение прочности	
	Повышение водостойкости	
	Повышение трещностойкости	
Эксплуатационные показатели	Снижение колеобразования	Снижение аварийности
	Повышение сцепления колеса с покрытием	
	Уменьшение образования водной пленки	
	Снижение гололедных явлений	
Технологические показатели	Предотвращение стекания битума	Упрощение производства работ
	Повышение пластичности асфальтобетонной смеси	
	Улучшение уплотняемости асфальтобетонной смеси	
Экологические показатели	Уменьшение шумности покрытия	Снижение экологической нагрузки от дороги
	Снижение истираемости покрытия	
	Предотвращение выноса легких фракций	

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Реализация асфальта и асфальтовой крошки на заводе ООО «Челси».

Асфальт – наиболее популярный вид дорожного покрытия, обладающий прекрасными эксплуатационными свойствами и долговечностью. Он состоит из песка, щебня, минеральных составляющих и битума. ООО «Челси» изготавливает асфальт высокого качества, реализует как мелкозернистую так и крупнозернистую асфальтовую крошку. Главными преимуществами асфальтовой крошки является прочность и высокая устойчивость к внешним факторам – осадкам, перепадам температур и т. д. Связующий компонент в ее составе - битум, на основе которого асфальтобетонная смесь может быть плотной или пористой.

1.2 Особенности производства асфальтовых смесей

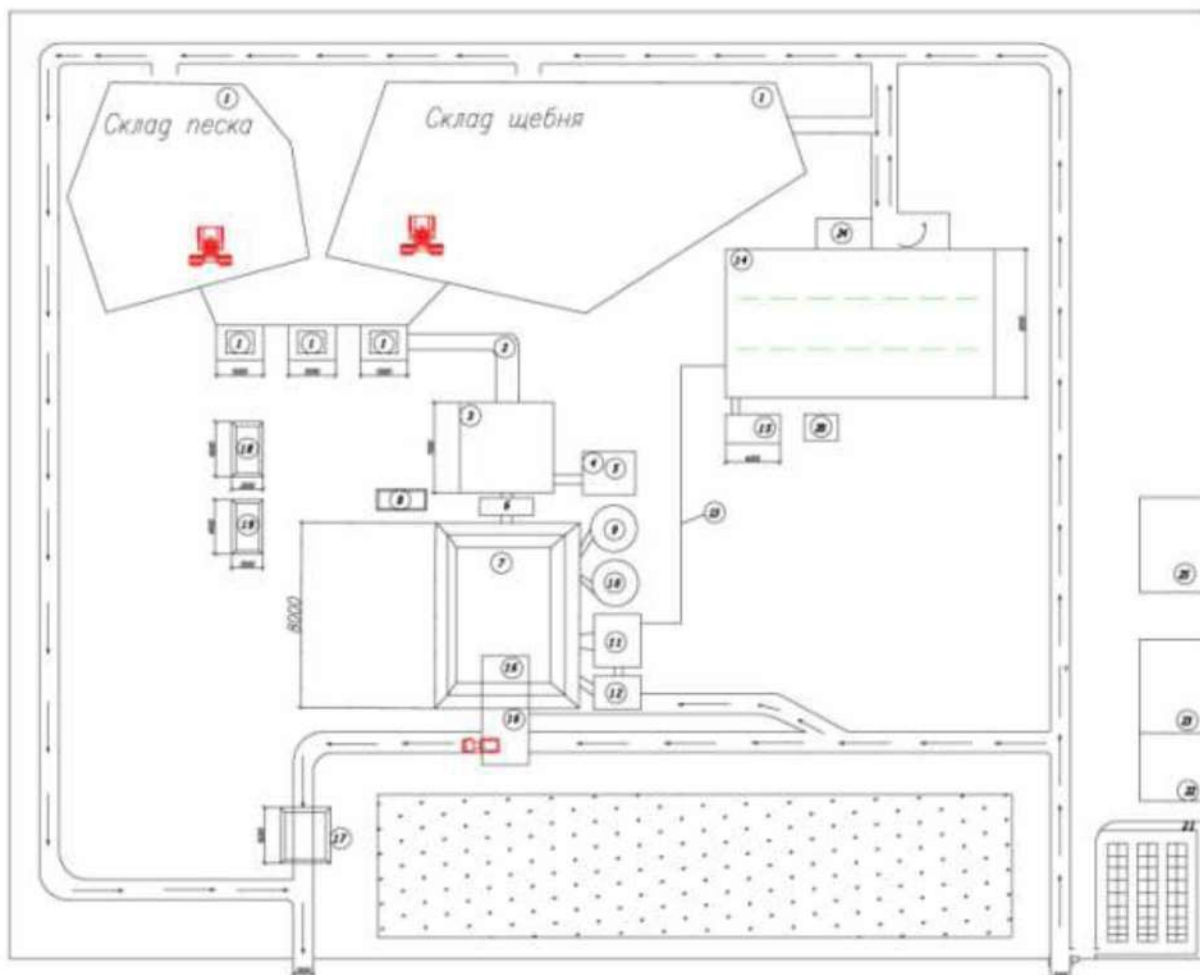
Производство асфальта осуществляется несколькими способами. Согласно методам смешивания компонентов и технологии укладки выделяют три группы материала:

- холодный;
- теплый;
- горячий.

Производство и продажа асфальта – основное направление деятельности завода «Челси». На производстве используются только качественные материалы и сырье для производства АБС. В комплексе они придают асфальту ряд преимуществ:

- высокую механическую прочность;
- простоту и неприхотливость обслуживания полотна;
- максимальная оперативность проведения работ и быстрое введение дорог в эксплуатацию;
- надежность сцепления колес автотранспорта с полотном дороги.

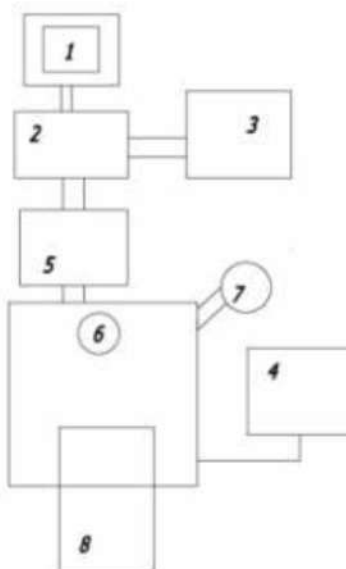
Для производства асфальтобетонных смесей используется оборудование швейцарской торговой марки Ammann. Оно обладает высокой эффективностью и производительностью, выпуская 160-200 тонн асфальтовой смеси в час. Полная автоматизация упрощает производство асфальта и гарантирует создание материала для дорожного покрытия по различным рецептурам в минимальные сроки.



1 – бункер минеральных материалов; 2 – ленточный питатель; 3 – сушильный барабан; 4 – агрегат пылеулавливания; 5 – рукав пылеудаления; 6 – скиповый подъемник; 7 – смесительный блок; 8 – кабина управления АБЗ; 9 – бункер минеральных материалов; 10 – бункер резинового порошка; 11 – смесительный котел; 12 – котел выдержки вяжущего; 13 – битумный трубопровод; 14 – битумохранилище; 15 – маслостанция; 16 – бункер отгрузки А/Б; 17 – весовая; 18 – ремонтная мастерская; 19 – лаборатория; 20 – склад масла; 21 – парковка; 22 – душевая, гардероб; 23 – столовая; 24 – эстакада слива битума; 25 – котельная

Рисунок 1 – Генеральный план асфальтобетонного завода ООО «Челси»

Данный дипломный проект с исследовательской частью, в котором рассматриваются асфальтобетонные смеси плотные, пористые и смеси на битумно-резиновом вяжущем.



1 – подача минеральных материалов (песок, щебень); 2 – сушка материала (барабан); 3 – удаление пыли материала; 4 – подача битума; 5 – сортировочный агрегат (грохот); 6 – смесительный агрегат; 7 – минеральный порошок; 8 – бункер готовой продукции.

Рисунок 2 – Схема приготовления выпускаемых асфальтобетонных смесей

Технология приготовления плотных асфальтобетонных смесей заключается в следующем. Предварительно отдозированные щебень и песок подают во вращающийся сушильный барабан, находящийся под углом 4° при температуре $160-185^\circ\text{C}$. Из сушильного барабана нагретые материалы поступают сортировочный агрегат – грохот и сортируются по фракциям (по количеству сит). Затем горячие минеральные материалы и порошок поступают в смеситель, где после их непродолжительного сухого перемешивания в смеситель подается битум. Цель перемешивания - равномерно распределить все компоненты смеси по объему замеса и равномерное распределение битума по поверхности зерен минерального материала. Температура уплотняемых асфальтобетонных смесей при выходе из мешалки должна быть $140-160^\circ\text{C}$.

Высокоиористые асфальтобетонные смеси готовят в асфальтосмесительных установках любых тиов, за исключением машин неирерывного действия.

Время иеремешивання зернистых смесей с битумом должно быть увеличено на 10-30 сек ио сравнению со временем иеремешивання стандартных иористых смесей. Время иеремешивання иесчаных смесей не изменяется.

Порядок введения комионентов в асфальтосмесительную установку может осуществляться ио двум схемам:

1) щебень (гравий), исок, мннеральный иорошок иеремешиваются (сухое смешенне), затем иодается бнтум и вся смесь вновь иеремешивается;

2) щебень (гравий), исок, битум иеремешиваются, затем иодаётся мине- ральный иорошок и иронзводнтся домешиванне смеси.

Первая схема ириготовления смесей рекомендується ири нсиользованнн щебня кислых горных иород и гравня (особенно ири недостаточном сцеилении битума с иоверхностью мннеральных материалов), а вторая - ири ирнмененнн ос- новных горных иород, особенно если их содержание в смеси иревышает 50 %.

1.3 Контроль качества асфальтобетонных иокрытий

Контроль качества ироизводства асфальтобетона включает контроль ириго- товления асфальтобетонной смеси и строительства иокрытия. При ириготовлении асфальтобетонной смеси контролируют: качество исходных материалов; точность дозирования минеральных материалов и битума; иродолжительность иеремешив- ання мннеральных материалов с битумом; темиературу смеси на выходе; соот- ветствне смеси заданному составу.

Для контроля качества готовой асфальтобетонной смеси ииределяют сле- дующие иоказатели: темиературу готовой смеси; зерновой состав и содержание битума; иористость минерального остова и остаточную иористость; водонасыщ- ние; набухание; иредел ирочности ири сжатии ири темиературе 50 °С; 20 °С и 0 °С; коэффициент водостойкости.

Для контрольных иисытаний ио ГОСТ 9128-84 отбирают три иробы от каж- дой иартии (иартией считают количество смеси одного состава, выпускаемой на

одной установке в течение смены, но не более 400 т) непосредственно из кузовов автомобилей.

На асфальтобетонных заводах качество смеси дополнительно оценивают по внешним признакам: цвету, однородности, равномерности распределения битума.

Возможные дефекты асфальтобетонной смеси и способы их устранения следующие. Однородность асфальтобетонной смеси необходимо характеризовать коэффициентом вариации.

В процессе приготовления асфальтобетонной смеси 2–3 раза в смену контролируют соблюдение установленного времени перемешивания минерального материала с битумом. Время перемешивания асфальтобетонной смеси на шлаковых материалах превышает обычное перемешивание на 15–20 %. Качество готовой асфальтобетонной смеси проверяют в лаборатории, испытывая образцы, изготовленные из смеси путем формирования стандартным способом на гидравлическом прессе. Для лабораторного контроля отправляют одну-две пробы в смену из каждого асфальтосмесителя. В процессе строительства асфальтобетонных покрытий систематически контролируют температуру и однородность смеси, укладываемой в покрытие, проектную толщину и профиль покрытия, качество уплотнения.

Наиболее важная часть контроля – проверка степени уплотнения покрытия. Для этой цели берут пробы из покрытия вырубкой или высверливанием и определяют среднюю плотность и водонасыщенность образцов. Из части взятой пробы изготавливают образцы так же, как и при испытании асфальтобетонных смесей. По отклонению средней плотности и водонасыщенности образцов с ненарушенной структурой от средней плотности образцов, стандартно уплотненных, судят о качестве уплотнения дорожных покрытий.

Инструментальная проверка качества покрытия заключается в определении коэффициента сцепления шины автомобиля с увлажненной поверхностью покрытия, который определяют лабораторной установкой ПКРС-2 на увлажненном покрытии, по длине тормозного пути или по значению замедления автомобиля «Волга» модели М-21 или М-24, а также прибором маятникового типа МП-3.

2 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Таблица 2 – Используемое механическое оборудование

№	Наименование оборудования	Марка	Количество	Мощность, кВт
1	Асфальтобетонная установка	AMMAN-200	1	15,5 кВт
2	Агрегат интання	AMMAN	2	3,5кВт
3	Сушльный агрегат (бараный непрерывного действия)	AMMAN T 2290	1	56 кВт
4	Смесительный агрегат (башенный со смесителем непрерывного действия)	AMMAN	1	65 кВт
5	Агрегат готовой смеси	AMMAN	1	10-15кВт
6	Агрегат возврата илы	AMMAN	1	
7	Агрегат минерального порошка	AMMAN	1	3,3 кВт
8	Агрегат подготовки битума (перодического действия с жаровыми трубами)	AMMAN	1	7,5 кВт
9	Насосная станция теплоносителя	AMMAN	1	5кВт
10	Пневмосистема	AMMAN	1	0,5кВт

3 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Определенне коиструктивиых размеров барабана

Для подбора сушпльного барабана для песка и щебня необходимо пронзве-сти теплотехнический расчет. Требуемая производительность 55 000 кг/ч по высушенному матерпалу. Матерпал высушивается от начальной влажности $\omega_1 = 4 \%$ до конечной $\omega_2 = 0 \%$. Сушка пронзводится дымовымн газамн, разбавленнымн атмосферным воздухом в смесительной камере перед входом их в барабан. Сжигаемое топливо – мазут М-40. Сжиганне мазута пронзводится с помощью ннжекционной горелки. Начальная температура матерпала $t_H = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, конечная $t_K = 160 \text{ }^\circ\text{C}$. Плотность сухого матерпала $\rho_C = 2850 \text{ кг/м}^3$. Параметры теплоносителя: $t_H^{gas} = 450 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_K^{gas} = 180 \text{ }^\circ\text{C}$. Параметры воздуха до входа в топку: $\phi_0 = 70 \%$, $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $d_0 = 10 \text{ г/кг}$ сух воздуха. Фракция щебня 5-20 мм. Угол наклона барабана $\alpha = 4^\circ$.

Определенне конструктивных размеров барабана

Колпчество влажного матерпала, поступающего на сушку:

$$y_1 = y_2 + W, \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где y_2 – производительность барабана по сухому матерпалу, кг/ч ;

W – колпчество испаренной влаги, кг/ч .

Колпчество испаренной влаги:

$$W = y_2 \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_1}, \text{ кг/ч} \quad (2)$$

$$W = 55000 \frac{4 - 0}{100 - 4} = 2291,67 \text{ кг/ч}$$

$$y_1 = 55000 + 2291,67 = 57291,67 \text{ кг/ч}$$

Колпчество влаги, содержащейся во влажном матерпале до сушки:

$$W_{в.л.н.} = \frac{\omega_1 y_1}{100}, \text{ кг/ч} \quad (3)$$

$$W_{\text{вл.н.}} = \frac{4 \cdot 57291,67}{100} = 2291,67 \text{ кг/ч}$$

Количество влаги, содержащейся в высушенном материале:

$$W_{\text{вл.к.}} = \frac{\omega_2 y_2}{100}, \text{ кг/ч} \quad (4)$$

$$W_{\text{вл.н.}} = \frac{0 \cdot 55000}{100} = 0 \text{ кг/ч}$$

Основным показателем, по которому можно определить размеры сушильного барабана, является объемное напряжение барабана по влаге, т.е. количество влаги, испаренной с 1 м³ пространства барабана в 1 час. Принимаем объемное напряжение по влаге $m_0 = 110 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{ч}$,

Тогда объем барабана составит:

$$V_{\text{бар}} = \frac{W}{m_0}, \text{ м}^3 \quad (5)$$

$$V_{\text{бар}} = \frac{2291,67}{110} = 20,83 \text{ м}^3$$

Принимаем агрегат сушки и нагрева песка и щебня с характеристиками, приведенными в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики сушильного барабана

Основные параметры и технические характеристики	Значение
Производительность по сухому материалу	55 т/час
Размеры сушильного барабана:	
длина	9 м
диаметр	2,2 м
масса	26,8 т
Установленная мощность	56 кВт

Проверим производительность барабана по высушенному материалу и m_0 :

$$y_2 = W \frac{100 - \omega_1}{\omega_1 - \omega_2}, \text{ кг/ч} \quad (6)$$

$$W = m_0 \cdot V_{BAP}, \frac{\text{кг}}{\text{ч}} \quad (7)$$

$$y_2 = 110 \cdot 22 \frac{100-4}{4-0} = 58080 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Объемное напряжение по влаге составит:

$$58080 = m_0 \cdot 22 \frac{100-4}{4-0} \Rightarrow m_0 = \frac{58080 \cdot (4-0)}{22 \cdot (100-4)} = 110 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3 \cdot \text{ч}}$$

3.2 Расчет горения топлива

В качестве топлива для сушильного барабана используем мазут марки М-40. Содержание золы $A^P = 0,2\%$, содержание влаги принимаем $W^P = 3\%$. Коэффициент расхода воздуха при сжигании мазута с помощью форсулки низкого давления принимаем $\alpha = 1,2$. Воздух для горения поступает неподогретым.

Таблица 4 – Состав горючей массы мазута, %

C^r	H^r	O^r	N^r	S^r	Сумма
87,6	10,7	0,5	0,5	0,7	100

Определяем состав рабочего топлива, находим содержание элементов в рабочем топливе.

$$C^P = C^r \cdot \frac{100 - (A^P + W^P)}{100} \% \quad (8)$$

$$C^P = 87,6 \cdot \frac{100 - (0,2 + 3)}{100} = 84,8\%$$

$$H^P = H^r \cdot \frac{100 - (A^P + W^P)}{100} \% \quad (9)$$

$$H^P = 10,7 \cdot \frac{100 - (0,2 + 3)}{100} = 10,3\%$$

$$O^P = O^r \cdot \frac{100 - (A^P + W^P)}{100} \% \quad (10)$$

$$O^P = 0,5 \cdot \frac{100 - (0,2 + 3)}{100} = 0,5\%$$

$$N^P = N^r \cdot \frac{100 - (A^P + W^P)}{100} \% \quad (11)$$

$$N^P = 0,5 \cdot \frac{100 - (0,2 + 3)}{100} = 0,5\%$$

$$S^P = S^r \cdot \frac{100 - (A^P + W^P)}{100} \% \quad (12)$$

$$S^P = 0,7 \cdot \frac{100 - (0,2 + 3)}{100} = 0,7\%$$

Таблица 5 – Состав рабочей массы мазута, %

C ^P	H ^P	O ^P	N ^P	S ^P	A ^P	W ^P	Сумма
84,8	10,3	0,5	0,5	0,7	0,2	3	100

Теплоту сгорания мазута находим по формуле:

$$Q_H^P = 339C^P + 1030H^P - 108,9(O^P - S^P) - 25W^P, \text{ кДж/кг} \quad (13)$$

$$Q_H^P = 339 \cdot 84,8 + 1030 \cdot 10,3 - 108,9(0,5 - 0,7) - 25 \cdot 3 = 39303 \text{ кДж/кг}$$

Теоретически необходимое для горения количество сухого воздуха находим по формулам:

$$L_0 = 0,0889C^P + 0,265H^P - 0,0333(O^P - S^P), \text{ нм}^3/\text{кг} \quad (14)$$

$$L_0 = 0,0889 \cdot 84,8 + 0,265 \cdot 10,3 - 0,0333(0,5 - 0,7) = 10,3 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

Количество атмосферного воздуха при его влагосодержании $d = 10$ (г/кг сух воз) равно:

$$L_0' = 1,016 \cdot L_0, \text{ нм}^3/\text{кг} \quad (15)$$

$$L_0' = 1,016 \cdot 10,3 = 10,46 \text{ нм}^3/\text{кг}$$

Действительное количество воздуха при коэффициенте расхода $\alpha = 1,2$:

Сухого: $L_\alpha = 10,3 \cdot 1,2 = 12,36 \text{ нм}^3/\text{кг}$

Атмосферного: $L'_\alpha = 10,46 \cdot 1,2 = 12,55 \text{ нм}^3/\text{кг}$

Количество и состав продуктов полного горения при $\alpha = 1,2$ находим по формулам:

$$V_{CO_2} = 0,01855 \cdot C^P, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (16)$$

$$V_{CO_2} = 0,01855 \cdot 84,8 = 1,573 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{SO_2} = 0,007 \cdot S^P, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (17)$$

$$V_{SO_2} = 0,007 \cdot 0,7 = 0,0049 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{H_2O} = 0,112 \cdot H^P + 0,0124 \cdot (W^P + 100 \cdot W_{нар}) + 0,0016 \cdot d \cdot L_A, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (18)$$

$$V_{H_2O} = 0,112 \cdot 10,3 + 0,0124 \cdot 3 + 0,0016 \cdot 10 \cdot 12,36 = 1,389 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot L_\alpha + 0,008 N^P, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (19)$$

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot 12,36 + 0,008 \cdot 0,5 = 9,768 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{O_2} = 0,21 \cdot (\alpha - 1) L_0, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (20)$$

$$V_{O_2} = 0,21 \cdot (1,2 - 1) \cdot 10,3 = 0,433 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Общее количество продуктов горения при $\alpha = 1,2$:

$$V_\alpha = 1,578 + 1,389 + 9,768 + 0,433 = 13,168 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Процентный состав продуктов горения при $\alpha = 1,2$:

$$CO_2 = \frac{1,578 \cdot 100}{13,168} = 12\%$$

$$H_2O = \frac{1,389 \cdot 100}{13,168} = 10,5\%$$

$$N_2 = \frac{9,768 \cdot 100}{13,168} = 74,2\%$$

$$O_2 = \frac{0,433 \cdot 100}{13,168} = 3,3\%$$

Составляем материальный баланс процесса горения на 100 кг топлива при $\alpha = 1,2$.

Таблица 6 – Материальный баланс процесса горения

Приход	кг	Расход	кг
Топливо	100	Зола	0,2
Воздух		Продукты горения	
$O_2 = 100 \cdot L_{\alpha} \cdot 0,21 \cdot \rho_{O_2} =$ $= 100 \cdot 12,36 \cdot 0,21 \cdot 1,429$	370,91	$CO_2 = 100 \cdot V_{CO_2} \cdot \rho_{CO_2} = 100 \cdot 1,573 \cdot 1,977$	310,98
$N_2 = 100 \cdot L_{\alpha} \cdot 0,21 \cdot \rho_{N_2} =$ $= 100 \cdot 12,36 \cdot 0,21 \cdot 1,251$	1221,53	$SO_2 = 100 \cdot V_{SO_2} \cdot \rho_{SO_2} = 100 \cdot 0,0049 \cdot 2,852$	1,4
$H_2O = 100 \cdot 0,0016 \cdot d \cdot L_{\alpha} \cdot 0,21 \cdot \rho_{H_2O} =$ $= 100 \cdot 0,0016 \cdot 10 \cdot 12,36 \cdot 0,21 \cdot 0,804$	15,99	$H_2O = 100 \cdot V_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O} = 100 \cdot 1,389 \cdot 0,804$	111,68
		$N_2 = 100 \cdot V_{N_2} \cdot \rho_{N_2} = 100 \cdot 9,768 \cdot 1,251$	1221,98
		$O_2 = 100 \cdot V_{O_2} \cdot \rho_{O_2} = 100 \cdot 0,433 \cdot 1,429$	61,88
		Невязка	0,21
Итого	1708,33	Итого	1708,33

Невязка баланса составляет:

$$\frac{0,21}{1708,33} \cdot 100\% = 0,012\%$$

Определяем теоретическую температуру горения. Для этого находим общее теплоемкость продуктов горения (без подогрева воздуха и топлива):

$$I_{\text{ОБЩ}} = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{V_{\alpha}}, \text{ кДж} / \text{нм}^3 \quad (21)$$

$$I_{\text{ОБЩ}} = \frac{39303}{13,168} = 2985 \text{ кДж} / \text{нм}^3$$

По I-t диаграмме при $\alpha=1,2$ находим теоретическую температуру горения

$$T_{\text{теор}} = 1815 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Определяем действительную температуру горения при коэффициенте $\eta_{\text{н}}=0,8$.

Расчетное теплосодержание равно:

$$I'_{\text{ОБЩ}} = I_{\text{ОБЩ}} \cdot \eta_m = 2985 \cdot 0,8 = 2388 \frac{\text{кДж}}{\text{нм}^3} \quad (22)$$

$$I'_{\text{ОБЩ}} = I_{\text{ОБЩ}} \cdot \eta_m = 2985 \cdot 0,8 = 2388 \frac{\text{кДж}}{\text{нм}^3}$$

По I-t диаграмме находим действительную температуру горения мазута

$$T_{\text{действ}} = 1500 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3.3 Расчет начальных параметров теплоносителя

Температура газов при входе в сушильный барабан $t_H^{\text{вх}} = 450 \text{ } ^\circ\text{C}$. Для получения такой температуры дымовые газы, образующиеся при горении топлива, необходимо разбавить атмосферным воздухом в камере смешивания.

Составляем уравнение теплового баланса топки и камеры смешивания на 1кг сжигаемого топлива:

$$I'_{\text{общ}} \cdot \eta + \frac{L'_a + \chi}{V_a} \cdot I_a = I_{\text{дым}} + \frac{\chi}{V_a} \cdot I'_{\text{дым}}, \quad (23)$$

где I_a - энтальпия воздуха, поступающего для смешивания при температуре 20°C :

$$I_a = c_a \cdot t_a, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3} \quad (24)$$

$$I_a = 1,3 \cdot 20 = 26 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}; \quad (25)$$

$I_{\text{дым}}$ - энтальпия дымовых газов при $t_H^{\text{вх}} = 450^\circ\text{C}$, $I_{\text{дым}} = 660 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$;

$I'_{\text{дым}}$ - энтальпия воздуха при температуре смешивания $450 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$I'_{\text{дым}} = 619 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3};$$

η - КПД топки /принимаем $\eta=0,9$;

χ - количество воздуха, необходимое для разбавления дымовых газов.

Подставляя эти данные из расчета горения топлива в уравнение, получим:

$$2388 \cdot 0,9 + (12,55 + \chi) \cdot \frac{26}{13,168} = 660 + \frac{\chi}{13,168} \cdot 619$$

$$\chi = 33,62 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг. топлива}} \right)$$

Общее количество воздуха, необходимое для горения 1 кг топлива и разбавления дымовых газов до заданной температуры, составит:

$$L''_{\alpha} = L'_{\alpha} + \chi, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (26)$$

$$L''_{\alpha} = 12,55 + 33,62 = 46,17 (\text{м}^3/\text{кг})$$

Общий коэффициент избытка воздуха:

$$\alpha_{\text{общ}} = \frac{L''_{\alpha}}{L'_{\alpha}} \quad (27)$$

$$\alpha_{\text{общ}} = \frac{46,17}{10,46} = 4,41$$

Влагосодержание разбавленных дымовых газов определяем как отношение массы водяных паров к массе сухих продуктов горения:

$$d_n = \frac{804 \cdot V_{H_2O}}{1,977 \cdot V_{CO_2} + 1,251 \cdot V_{N_2} + 1,429 \cdot V_{O_2}}, \text{ г}/\text{кг сух. газ.} \quad (28)$$

где $V_{H_2O}, V_{N_2}, V_{O_2}$ – объёмы отдельных составляющих продуктов горения при $\alpha_{\text{общ}} = 3,47$.

Необходимо при новом значении $\alpha_{\text{общ}} = 4,41$ найти объём V_{H_2O} , который увеличивается за счёт дополнительного ввода водяных паров с атмосферным воздухом и V_{N_2}, V_{O_2} , зависящих от коэффициента избытка воздуха. Объём V_{CO_2} не зависит от $\alpha_{\text{общ}}$.

$$V_{CO_2} = 1,578 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{H_2O} = 0,112 \cdot H^P + 0,0124 \cdot W^P + 0,0016 \cdot d \cdot \alpha_{\text{общ}} \cdot L_0, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (29)$$

$$V_{H_2O} = 0,112 \cdot 10,3 + 0,0124 \cdot 3 + 0,0016 \times 10 \cdot 4,41 \cdot 10,3 = 1,91 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot \alpha_{\text{общ}} \cdot L_0 + 0,008 \cdot N^P, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (30)$$

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot 4,41 \cdot 10,3 + 0,008 \cdot 0,5 = 35,89 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$V_{O_2} = 0,21 \cdot (\alpha_{\text{общ}} - 1) \cdot L_0, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (31)$$

$$V_{O_2} = 0,2(4,41 - 1) \cdot 10,3 = 7,38 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Тогда влагосодержание разбавленных газов находим, подставляя в формулу (28) значения $V_{H_2O}, V_{CO_2}, V_{N_2}, V_{O_2}$

$$d_H = \frac{804 \cdot 1,91}{1,977 \cdot 1,578 + 1,251 \cdot 35,89 + 1,429 \cdot 7,38} = 26,22 \text{ г} / \text{кг сух. газа}$$

3.4 Построение теоретического и действительного процесса сушки на i-d диаграмме

Построение процесса сушки производим на I – d диаграмме (Приложение 1)

Сначала производим построение теоретического процесса сушки, т.е. считаем, что в процессе сушки тепло расходуется только на испарение влаги, не учитывая потерп тепла через стенки барабана в окружающую среду и на нагрев сушпльного материала. Теоретический процесс сушки протекает адиабатически, т.е. при условии $I_H^{гАЗ} = const$.

Параметры газов, идущих для смешивания с воздухом:

$$I_{\text{ОБЩ}} = 2388 \text{ кДж} / \text{м}^3;$$

$$d_{\text{ГАЗ}} = 69,4 \text{ г} / \text{кг сух. газа}$$

Точка В характеризуется начальными параметрами сушпльного агента:

$$t_H^{гАЗ} = 450 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$d_H = 26,22 \text{ г} / \text{кг сух. газа}$$

Эта точка В характеризует начало теоретического процесса сушки сушпльным агентом, т.е. смесью продуктов сгорания топлива с воздухом.

Соотношение между дымовыми газами и воздухом при смешивании их до заданных параметров определяется зависимостью:

$$n_1 = \frac{d_{\text{ГАЗ}} - d_H}{d_H - d_0} \quad (32)$$

$$n_1 = \frac{69,4 - 26,22}{26,22 - 10} = 2,66$$

От точки В проводим линию $I_H^{ГАЗ} = const$ до пересечения с изотермой $t_K^{ГАЗ} = 180 \text{ }^\circ\text{C}$ и определяем положение конечной точки процесса C_0 . Теоретически процесс сушки на I-d диаграмме изображается линией BC_0 .

Тогда т. C_0 характеризуется параметрами: $I_H^{ГАЗ} = 546 \text{ кДж/кг}$ и $t_K^{ГАЗ} = 180 \text{ }^\circ\text{C}$

Плотность сушильного агента, отходящего из сушилки, принимаем $\rho_{см} = 1,2 \text{ кг/м}^3$

По I-d диаграмме найдем для точки C_0 влагосодержание отработанного сушильного агента $d_2 = 127 \text{ г/кг сух воздуха}$.

Расход сухих газов (по массе) при теоретическом процессе сушки:

$$y_{ГАЗ}^{ТЕОР} = \frac{1000 \cdot W}{d_2 - d_H}, \text{ кг/ч} \quad (33)$$

$$y_{ГАЗ}^{ТЕОР} = \frac{1000 \cdot 2291,67}{127 - 26,22} = 22739,33 \text{ кг/ч}$$

Построение действительного процесса в реальных условиях отличается от теоретического тем, что при действительном процессе сушки учитываются потери тепла в окружающую среду через стенки барабана и расход тепла на нагрев сушильного материала.

Общие тепловые потери будут составлять:

$$Q = Q_M + Q_P, \text{ кДж/ч} \quad (34)$$

Расход тепла на нагрев материала определим по формуле:

$$Q_M = Y_2 \cdot C_M \cdot (t_K - t_H), \text{ кДж/ч}, \quad (35)$$

где C_M - теплоемкость высушенного материала при конечной влажности ω_K .

$$C_M = C_C \cdot \frac{100 - \omega_K}{100} + \frac{4,2 \cdot \omega_K}{100}, \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}, \quad (36)$$

где C_C - теплоемкость абсолютно сухого материала

$$C_C = C_M = 0,921 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$$

$$Q_M = 55000 \cdot 0,921 \cdot (160 - 20) = 7091700 \text{ кДж/ч}$$

Потери тепла через стенки в окружающую среду:

$$Q_{\Pi} = \frac{3,6 \cdot S_{\delta} \cdot (t_{CP}^{ГАЗ} - t_{OKP}^{ВОЗ})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{S_1}{\lambda_1} + \frac{S_2}{\lambda_2} + \frac{S_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ кДж/ч}, \quad (37)$$

где α_1 - коэффициент теплоотдачи от газов к внутренней поверхности сушильного барабана. Для дымовых газов $\alpha=100-450 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$.

Принимаем $\alpha_1 = 150 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$.

S_1 -толщина стенки барабана, принимаем $S_1=20 \text{ мм}$;

S_2 -толщина теплоизоляции барабана, равная 25 мм ;

S_3 -толщина защитного покрытия барабана, равная 5 мм .

λ_1 и λ_2 и λ_3 – теплопроводность соответственно стальной стенки барабана

$\lambda_1=58,2 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$;

λ_2 – теплопроводность матов из базальтового супертонкого волокна

Fiberfrax Durablanket, $\lambda_2 = 0,035 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$;

λ_3 – теплопроводность защитного покрытия из оцинкованного листа,

$\lambda_3 = 47 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$.

α_2 - коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплоизоляции в окружающую среду. Принимаем $\alpha_2 = 14 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$.

S_{δ} - площадь боковой барабана.

$$S_{\delta} = \pi \cdot D_{\text{бар}} \cdot L_{\text{бар}}, \text{ м}^2, \quad (38)$$

$$S_{\delta} = 3,14 \cdot (1,8 + 0,02 + 0,025 + 0,005) \cdot 8,5 = 49,3 \text{ м}^2$$

$(t_{CP}^{ГАЗ} - t_{OKP}^{ВОЗ})$ -разность температур газов рабочего пространства барабана и окружающего воздуха.

$$t_{CP}^{ГАЗ} = \frac{(t_H^{ГАЗ} - t_H^M) - (t_K^{ГАЗ} - t_K^M)}{2,3 \cdot \lg \frac{(t_H^{ГАЗ} - t_H^M)}{(t_K^{ГАЗ} - t_K^M)}} + t, \text{ °C}, \quad (39)$$

где $t_{CP.M.}$ - средняя температура матерпала в барабане.

$$t_{CP.M.} = t_H^M + \frac{2}{3} \cdot (t_K^M - t_H^M) \quad (40)$$

$$t_{CP.M.} = 20 + \frac{2}{3} \cdot (160 - 20) = 113,33^\circ C$$

$$t_{CP}^{ГАЗ} = \frac{(450 - 20) - (180 - 160)}{2,3 \cdot \lg \frac{(450 - 20)}{(180 - 160)}} + 113,33 = 247,32^\circ C$$

Подставим числовые значения в формулу и определим потерп тепла в окружающую среду:

$$Q_{п} = \frac{3,6 \cdot 49,3 \cdot (247,32 - 20)}{\frac{1}{150} + \frac{0,02}{58,2} + \frac{0,025}{0,035} + \frac{0,005}{47} + \frac{1}{14}} = 5069264 \text{ кДж/ч}$$

Общие потерп тепла в процессе сушкн:

$$Q = Q_M + Q_{п}, \text{ кДж/ч} \quad (41)$$

$$Q = 7091700 + 5069264 = 714239264 \text{ кДж/ч}$$

В процессе сушкн часть тепла теряется, поэтому $I_H^{ГАЗ}$ меньше $I_K^{ГАЗ}$. Находим величнну уменьшения энтальпнн дымовых газов:

$$I_{пот} = \frac{Q}{Y_{ГАЗ}^{ТЕОР}} \text{ кДж/кг сух газа} \quad (42)$$

$$I_{пот} = \frac{714239264}{2273933} = 314,1 \text{ кДж/кг сух газа}$$

На I-d диаграмме откладываем значение $I_{пот} = 74,8$ кДж/кг сух газа от т. С₀ вертикально вниз и получаем т. Д, которую соединяем с т. В.

Линия ВД показывает направление действительного процесса сушкн. Точка С – конец процесса сушкн, ее можно найти, зная конечную температуру газов ($t_K^{ГАЗ} = 180^\circ C$). Линия ВС обозначает действительный процесс сушкн.

Определяем на I-d диаграмме конечное влагосодержание газов для точки С:

$$d_K = 84 \text{ г/кг сух газа}$$

Действительный расход газов на сушку:

$$Y_{ГАЗ} = \frac{1000 \cdot W}{d_K - d_H}, \text{ кг сух. газов / ч} \quad (43)$$

$$Y_{ГАЗ} = \frac{1000 \cdot 2291,67}{84 - 26,22} = 39661,99 \text{ кг сух. газов / ч}$$

Определяем расход тепла на сушку:

$$Q_C = Y_{ГАЗ} \cdot (I_H - I_0) - 4,2 \cdot W \cdot t_H^M, \text{ кДж / ч}, \quad (44)$$

где I_H – энтальпия смеси газов с воздухом без учета энтальпии водяных паров продуктов горения топлива. I_H определяется по I-D диаграмме при $t_{в03} = 450 \text{ }^\circ\text{C}$ и $d_0 = 10 \text{ г/кг. сух. воз.}$. $I_H = 504 \text{ кДж/кг сух газ.}$, $I_0 = 38 \text{ кДж/кг сух газ.}$

$$Q_C = 39661,99 \cdot (504 - 38) - 4,2 \cdot 2291,67 \cdot 20 = 18289987,06 \text{ кДж / ч}$$

Расход тепла в топке с учетом КПД топки $\eta = 0,9$:

$$Q_T = \frac{Q_C}{\eta_T}, \text{ кДж / ч} \quad (45)$$

$$Q_T = \frac{18289987,06}{0,9} = 20322207,844 \text{ кДж / ч}$$

Расход топлива:

$$B = \frac{Q_T}{Q_H^P}, \text{ кг / ч} \quad (46)$$

$$B = \frac{20322207,844}{39303} = 517 \text{ кг / ч}$$

3.5 Материальный баланс сушильного барабана

При установленном процессе сушки количество влаги, поступающей в сушильный барабан с дымовыми газами и материалом, должно быть равно количеству влаги, остающейся в материале, и влаги, уходящей с дымовыми газами. На основании вышеприведенных расчетов составляем таблицу материального баланса, предварительно определив расход влажных отходящих газов при выходе из сушильного барабана $Y_{СМ}$ и количество водяных паров в дымовых газах, поступающих на сушку по формулам:

$$Y_{в.п.} = \left(\frac{9 \cdot H^p + W^p}{100} + L_0 \cdot \alpha_{общ} \cdot d_0 \right) \cdot B, \text{ кг/ч} \quad (47)$$

$$Y_{в.п.} = \left(\frac{9 \cdot 10,3 + 3}{100} + 10,3 \cdot 3,47 \cdot 0,01 \right) \cdot 517 = 679,7 \text{ кг/ч}$$

$$Y_{см.} = (1 + 0,001 \cdot d_n) \cdot Y_{газ} + W, \text{ кг/ч} \quad (48)$$

$$Y_{см.} = (1 + 0,001 \cdot 26,22) \cdot 39661,99 + 2291,67 = 42793,6 \text{ кг/ч}$$

Таблица 7 – Материальный баланс сушильного барабана

Приход	Кол-во (кг/ч)	%	Расход	Кол-во(кг/ч)	%
Влажный материал	57291,67	58,68	Высушенный материал	55000	56,33
Сухие дымовые газы	39661,99	40,62	Отходящие газы	42793,6	43,83
Водяные пары в газах	679,7	0,7	Иевязка	-160,24	-0,16
Итого:	97633,36	100	Итого:	97633,36	100

3.6 Тепловой расчет сушильного барабана

Тепловой баланс составляется для определения расхода тепла на сушку, а также для оценки отдельных статей прихода и расхода тепла в сушильной установке. Для сушил составляется единый баланс.

Тепловой баланс условно принято составлять при 0 °С; считается, что все тела, влага, газы, участвующие в балансе, вносят в него тепло, если их $t > 0$ °С и расходуют тепло на нагрев за счет баланса, если имеют $t < 0$ °С. Тепловой баланс составляется в кДж на 1 час работы сушила и в кДж на 1 кг испарённой влаги.

Для составления теплового баланса необходимо рассчитать некоторые статьи прихода и расхода тепла.

Статьи прихода тепла:

- Тепло от сгорания топлива:

$$Q_{гор} = B \cdot Q_H^P, \text{ кДж/ч} \quad (49)$$

$$Q_{гор} = 517 \cdot 39303 = 20319651 \text{ кДж/ч}$$

- Тепло, вносимое воздухом, подаваемым на горение и разбавления дымовых газов:

$$Q_B = L''_{\alpha} \cdot I_B \cdot B, \text{ кДж/ч} \quad (50)$$

$$Q_B = 46,17 \cdot 26 \cdot 517 = 620617,14 \text{ кДж/ч}$$

Статьи расхода тепла:

- Тепло на испарение и нагрев влаги материала:

$$Q_{исп} = (2493 + 1,97 \cdot t_K^{г\text{аз}} - 4,2 \cdot t_H^M) \cdot W, \text{ кДж/ч} \quad (51)$$

$$Q_{исп} = (2493 + 1,97 \cdot 180 - 4,2 \cdot 20) \cdot 2291,67 = 6333259,212 \text{ кДж/ч}$$

2493 кДж/кг - скрытая теплота парообразования при 0°C

$1,97 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$ - теплоемкость водяных паров

$4,2 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$ - теплоемкость влаги материала

- Тепло с отходящими дымовыми газамн, за исключением тепла, уносимого испарившейся влагой:

$$Q_{ух} = (\alpha_{общ} \cdot L'_0 + \Delta V) \cdot B \cdot I_{ух}, \text{ кДж/ч} \quad (52)$$

$$Q_{ух} = (4,41 \cdot 10,46 + 0,618) \cdot 517 \cdot 224 = 5434832,3 \text{ кДж/ч}$$

$I_{ух}$ - находим по I-t диаграмме

$$\Delta V = V_{\alpha} - L'_{\alpha}, \text{ м}^3 \quad (53)$$

$$\Delta V = 13,168 - 12,55 = 0,618 \text{ м}^3$$

- Потери в топке:

$$Q_T = B \cdot Q_H^P \cdot (1 - \eta_{\text{топ}}), \text{кДж/ч} \quad (54)$$

$$Q_T = 517 \cdot 39303 \cdot (1 - 0,9) = 20319651 \text{кДж/ч}$$

Составим тепловой баланс сушильного барабана (таблица 7):

Таблица 8 – Тепловой баланс сушильного барабана

Приход	Общее количество теплоты			Расход	Количество теплоты		
	кДж/ч	кДж/ кг вл	%		кДж/ч	кДж/ кг вл	%
От сгорания топлива, $Q_{\text{гор}}$	20319651	8866,74	97,03	На нагрев глины, Q_M	7091700	3095,09	33,87
С атмосферным воздухом, Q_B	620617,14	271,41	2,97	В окружающую среду, Q_P	50692,54	21,93	0,24
				На испарение и нагрев влаги материала, $Q_{\text{исп}}$	6333259,21	2764,29	30,25
				С отходящими дымовыми газами, $Q_{\text{ух}}$	5434832,3	2371,35	25,95
				Потери в топке, Q_T	2031965,1	886,40	9,70
Итого	20940268	9138,15	100		20940268,14	9138,15	100

Удельное количество теплоты на 1 кг испаренной влаги:

$$q = \frac{Q_{\text{топ}}}{W}, \text{кДж} \quad (55)$$

$$q = \frac{20319651}{2291,67} = 8866,74 \text{ кДж}$$

Удельный расход топлива на 1 кг испаренной влаги:

$$b = \frac{B}{W}, \text{ кг} \quad (56)$$

$$b = \frac{517}{2291,67} = 0,226 \text{ кг}$$

Тепловой КПД барабанной сушилки:

$$\eta = \frac{Q_M + Q_{исп}}{q} \quad (57)$$

$$\eta = \frac{3095,09 + 2764,29}{8866,74} = 0,67$$

Обычно КПД сушилок такого типа составляет 0,6-0,8

3.7 Расчет времени сушки материала, частоты вращения и мощности привода сушильного барабана

Определим время нахождения материала в барабане по формуле:

$$\tau = 120 \frac{\beta \cdot \rho}{m_0} \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{200 - (\omega_1 - \omega_2)}, \text{ с}, \quad (58)$$

где β – коэффициент заполнения барабана, принимаем $\beta = 0,15$;

ρ – плотность материала при средней влажности ω_{CP} , можно определить по формуле:

$$\rho = \rho_c \frac{100}{100 - \omega_{CP}}, \text{ кг/м}^3 \quad (59)$$

$$\omega_{CP} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \quad (60)$$

$$\omega_{CP} = \frac{4 - 0}{2} = 2\%$$

$$\rho = 2850 \frac{100}{100 - 2} = 2908,2 \text{ кг/м}^3$$

Таким образом, получаем:

$$\tau = 120 \frac{0,15 \cdot 2908,2}{110} \cdot \frac{4-0}{200(4-0)} = 365,74 \cdot 0,0929 = 2,38 \text{ мин} = 143 \text{ с}$$

Число оборотов барабана приближенно можно определить по формуле:

$$n = \frac{A \cdot L_{\text{БАР}}}{\tau \cdot D_{\text{БАР}} \cdot \text{tg}\alpha}, \text{ об/мин}, \quad (61)$$

где A – коэффициент, зависящий от типа насадки и характера движения материала, для щебня и песка обычно $A = 0,4-0,65$;

α – угол наклона барабана.

$$n = \frac{0,65 \cdot 8,5}{2,38 \cdot 1,8 \cdot 0,07} = \frac{91}{6,5688} = 1,65 \text{ об/мин}$$

Мощность, необходимую для вращения барабана, можно определить по формуле А.П.Ворошилова [11]:

$$N_{\text{э}} = 0,0013 \cdot D_{\text{Б}}^3 \cdot L_{\text{Б}} \cdot n \cdot \sigma \cdot \rho_{\text{н}}, \text{ кВт}, \quad (62)$$

где σ – коэффициент мощности, зависящий от типа насадки и коэффициента заполнения объема барабана β . При $\beta = 0,15$ для лопастной системы $\sigma = 0,038$.

4. АВТОМАТИЗАЦИЯ

4.1 Сушильный барабан: описание работы и принципиальная схема

Сушильный барабан представляет собой сварной цилиндр – барабан, на наружной поверхности которого укреплены бандажные опоры, кольца жесткости и приводной зубчатый венец для сушки сыпучих и мелкокусковых материалов размером кусков до 50 мм. Барабан сушилка имеет длину 4–30 м и диаметр 0,1–3,2 м, установлен под углом 4–6° к горизонту и вращается со скоростью 0,5–8 об/мин.

Движение материалов и топочных газов внутри сушилки может быть прямоточным и противоточным. Последнее обуславливается рядом факторов. Если требуется глубокое высушивание материала или когда материал не выдерживает высокой температуры в первый период сушки и может быть нагрет до более высокой температуры в конце сушки, схема движения может быть противоточной. Противоток применяется при сушке песка, известняка и др. Однако в большинстве случаев находит применение прямоточная схема движения. Прямоток обеспечивает меньшее пыление и унос; влажные и пластичные материалы легче отдают начальную влагу и быстро приобретают необходимую сыпучесть. Сушка глин, недопускающих потери пластичности вследствие перегрева, производится в сушильных барабанах при прямотоке.

При этом допускается высокая начальная температура газов, входящих в барабан (до 900 °С), но материал при сушке сильно не нагревается. Обычно при температуре отходящих из барабана газов 110 – 120 °С материал выходит с температурой 70–80 °С. Скорость движения газов в барабане не превышает 2,5–3 м/с в избежание чрезмерного пылеуноса.

Внутренняя полость барабана в целях улучшения процессов теплообмена и сушки заполняется различными насадками или разделяется на ячейки. При сушке крупнокусковых материалов, склонных к налипанию внутри, на стенках барабана устанавливаются продольные лопасти (подъемно-лопастная система).

При сушке мелкокусковых материалов по всему сечению барабана устанавливаются полки, обеспечивающие надежное перемешивание материала (распреде-

лительная система). Для очень мелкого материала, склонного к пылению, применяют закрытую ячейковую систему внутренних устройств, в которой материал только переваливается при вращении барабана при небольшой высоте падения. Ячейки не сообщаются между собой.

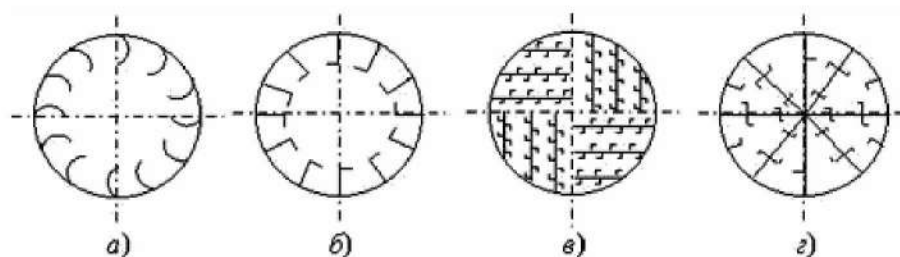
Для повышения равномерности сушки материалов, производительности барабана и частичного совмещения сушки и размола применяют навеску цепей, которые заменяют некоторую часть внутренних перегородок по длине барабана. Степень заполнения барабана материалом колеблется в пределах от 0,05 до 0,20. Наибольшая степень заполнения достигается в сушильных барабанах с ячейковым внутренним устройством.

Для отопления барабанной сушилки можно использовать любой вид топлива, который сжигается в топке, расположенной со стороны входа дымовых газов в барабан. Продукты горения топлива смешиваются с холодным воздухом в смесительной камере для получения требуемой температуры.

Отработанные газы удаляются из разгрузочной камеры при помощи вентилятора, предварительно пройдя циклон для очистки от пыли.

Основной материал для изготовления барабанов сушилок, загрузочных и разгрузочных камер – углеродистые стали. В технически обоснованных случаях дополнительное изготовление барабанов, разгрузочных и загрузочных камер частично или полностью из жаростойких сталей специальных марок.

Типы перевалочных устройств, применяемых в барабанных сушилках и степень заполнения барабана b представлены на рисунке 3:



а – лопастная, $b = 12 \%$; б – подъемно - лопастная, $b = 14 \%$; в – распределительная, $b = 20,6 \%$; г – распределительная с закрытыми ячейками, $b = 27,5 \%$

Рисунок 3 – Типы перевалочных устройств, применяемых в барабанных сушилках

4.2 Автоматизация сушильного барабана

В данном агрегате необходимо контролировать и регулировать следующие основные параметры:

- температуру в начале и в конце сушила;
- разряжение;
- расход газ газопроводе;
- влажность подаваемого сырья и получаемого на выходе из сушила с $W=0\%$;
- температуры отходящих газов;
- регулирование работы вентиляторов, фильтров;
- контроль и наблюдение за функционированием предохранительных и сигнализирующих систем агрегата и процесса.

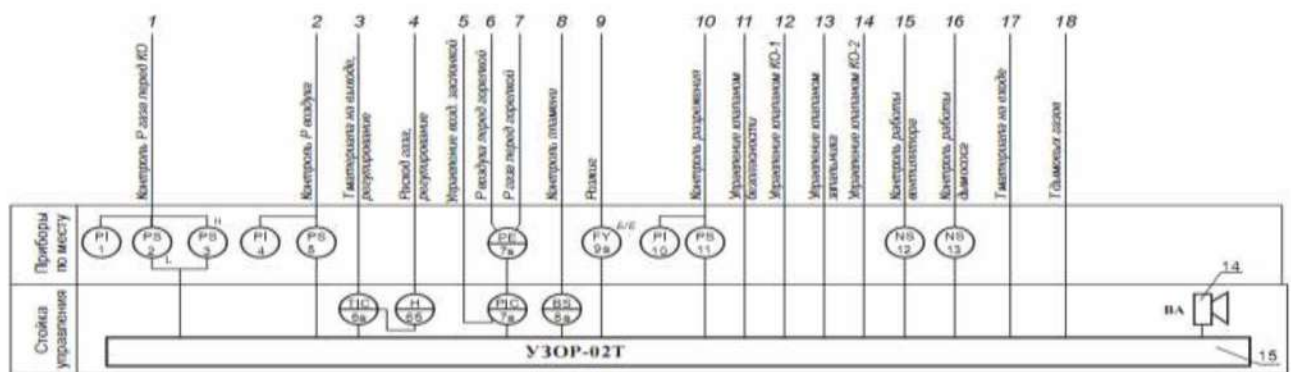


Рисунок 4 – Функциональная схема автоматизации сушильного барабана

Объем автоматизации принят из условий надежной и безопасной эксплуатации и обеспечивает:

- безопасный автоматический розжиг горелки в заданной последовательности;
- автоматическое отключение подачи газа к горелке со светозвуковой сигнализацией и запоминанием первопричин при:
 - погасании пламени запальника или горелки (Узор –КЭ, КЭ – поз.,8б);
 - понижении давления газа перед клапаном – отсекателем (ДНТ-100поз.1);
 - понижении давления воздуха (Узор-Д2 – поз.7а);

- пониженное разрежение (Узор-ДТ – поз.10);
- повышенные температуры материала (ТРМ-101РИ – поз.6а);
- понижение давления воздуха и газа перед горелкой (Узор – 01С – поз. 7в);
- остановке вентилятора (поз. 12);
- автоматическое ПИД регулирование температуры (регулятор ТРМ-101Р, поз.6а) песка и щебня на выходе барабана, изменением расхода газа (механизм исполнительный NRY-24 – поз.14);
- теплотехнический контроль следующих параметров:
 - давления воздуха перед горелкой – сигнализатор давления Узор-Д2 (7в);
 - давление газа перед горелкой – сигнализатор давления Узор-Д2 (7в);
 - давления газа перед отсекателем – напоромер показывающий Д59Н-100-1,5 (поз.1);
 - температура дымовых газов на выходе барабана – микропроцессорный ПИД-регулятор ТРМ-101РИ (поз.15);
 - разрежение – тягонапоромер, показывающий ТНМП-100 (поз.11).

Для размещения приборов и аппаратуры применен бокс монтажный БМ-60 с габаритами 450*530*320 мм.

Электропитание систем КИПиА осуществляется напряжением 220В, 50Гц от щитов электропитания объекта.

Приборы и оборудование систем автоматизации, которые могут оказаться под напряжением вследствие повреждения изоляции, подлежат заземлению в соответствии с требованиями ПУЭ.

Контроль температуры в сушиле осуществляется путём регулирования расхода газа, который подаётся в горелку. Контроль соотношения расхода газа и воздуха регулируется автоматическим электронным регулирующим устройством по количеству воздуха, подаваемого в горелку.

Подача топочного газа регулируется по конечной температуре на выходе из барабана, так как эта величина не столь инерционна как, например, влажность выходящего материала.

По разнице разряжения в начале и в конце сушила производится регулирование положения заслонки на выходе, посредством которой осуществляется регулирование подпора газов и их скорости для предотвращения выбивания факела. Регулирование разряжения в сушиле, связанным с изменением расхода газа, достигается изменением расхода газа и поступления воздуха в зону горения. Разряжение в топке барабана 5 кПа, а на выходе из него 20 кПа.

Падение давления воздуха и газа перед горелкой определяется сигнализатором падения давления Узор – Д2 (поз. 9). Сигнализатор имеет два независимых канала измерения. Сигнализатор обеспечивает:

- непрерывное преобразование значения измеряемого параметра – избыточного давления, разрежения и разности давлений в унифицированный токовый сигнал;
- обеспечивает сигнализацию отклонения измеряемых параметров от заданного значения (3-х предельное сигнализирующее устройство на каждый канал измерения);
- осуществляет астатический закон регулирования при поддержании измеряемого давления с регулируемыми длительностями управляющих импульсов и паузы между импульсами;
- обеспечивает непрерывную цифровую индикацию текущих значений изменяемых параметров, а также передачу величины измеряемых значений по RS-485.

Также контролируется падение давления газа перед отсекателем (Д59Н-100-1,5 (поз.1)) Контроль пламени осуществляется прибором Узор-КЭ (контрольный электрод) и предназначен для работы в качестве чувствительного элемента в системе автоматнки. Сигнализирует о погасании пламени в топке преобразуя сигнал детектирующего датчика пламени в изменение состояния контактов выходного реле.

5 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В данном дипломном проекте основным технологическим оборудованием является асфальтосмесительная установка Ammann – 200, производитель Германия.

Таблица 9 – Состав основного оборудования, его поставщики.

Наименование оборудования	Количество, шт	Марка, тип, модель	Год выпуска	Стоимость
Асфальтосмесительная установка	1	Ammann – 200	2007	5067100
в том числе:				
Агрегат питания	1	Ammann	2007	555741
Сушильный барабан	1	Ammann	2007	431647
Смесительный агрегат	1	Ammann	2007	1073600
Агрегат готовой смеси	1	Ammann	2007	1025000
Агрегат минерального порошка	1	Ammann	2007	479400
Система пылеочистки	1	Ammann	2007	549288
Нагреватель битума	1	Ammann	2007	342006
Нагреватель жидкого теплоносителя	1	Ammann	2007	248625
Система опрыскивания	1	Ammann	2007	155786
Пневмосистема	1	Ammann	2007	206007

Таблица 10 – Численность работающих и затраты на оплату труда

Наименование профессий, должностей	Разряд по ЕТКС	Численность	Средняя заработная плата
И.НТР и служащие	-	7	16650

Окончание таблицы 10

Наименование профессий, должностей	Разряд по ЕТКС	Численность	Средняя заработная плата
II Рабочие основных профессий			
Машинист смесителя	6	2	11420
Помощник машиниста смесителя	5	2	11250
Электрослесарь	4	2	9193
Асфальтобетонщик-варильщик	3	2	9129,03
Машинист бульдозера	5	2	8158,06
Транспортеры	2	4	7148,39
III. Рабочие вспомогательных профессий			
Лаборант	4	2	6120,97
Оператор котельной		2	9161,29
Диспетчер		2	9169,35
Ремонтно-механическая бригада		4	8177,42
Всего		31	3900678
В том числе:			
НТР, служащие;		7	1398600
Основные рабочие;		14	1522724
Вспомогательные рабочие.		10	979354

Таблица 11 – Поставщики сырья и материалов

Наименование сырья	Годовая потребность, тн	Цена 1 тн, руб.	Стоимость, тыс. руб.	Поставщик
Щебень	34450	323,21	11134,58	карьер Новосмоленский
Песок отсева дробления	27261	167,38	4562,96	

Окончание таблицы 11

Наименование сырья	Годовая потребность, тн	Цена 1 тн, руб.	Стоимость, тыс. руб.	Поставщик
Резиновый порошок	494	6228	3076,6	ООО «Эколайн»
Битум	2795	8348	23332,66	ООО «Оптан – Челябинск»
Мазут М-40	715	7033,9	5029,24	

Себестоимость промышленной продукции – это текущие затраты предприятия на производство и реализацию продукции, выраженные в денежной форме. Анализ себестоимости позволяет дать оценку эффективности использования ресурсов и определить резервы увеличения прибыли и снижения цены единицы продукции.

В себестоимости находят выражение все затраты предприятия, связанные с производством и реализацией продукции. Ее показатели отражают степень использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов, качество работы отдельных работников и руководства в целом.

Таблица 12 – Себестоимость единицы продукции

Калькуляционные затраты	Ед.изм.	Для 1 тн АБС тип А М-1
Сырые и основные материалы		
Щебень	руб.	171,3
Песок отсева дробления	руб.	70,2
Калькуляционные затраты	Ед.изм.	Для 1 тн АБС тип А М-1
Резиновый порошок	руб.	47,33
Битум	руб.	358,9
Мазут М-40	руб.	77,37
Заготовительно-складские расходы	руб.	15,03
Щебень и песок о/д	руб.	102,01

Продолжение таблицы 12

Калькуляционные затраты	Ед.изм.	Для 1 тн АБС тип А М-1
Битум	руб.	17,91
Резиновый порошок	руб.	8,4
Электроэнергия	руб.	7,86
Сжатый воздух	руб.	3,85
Вода	руб.	10,06
Потери от брака	руб.	5,5
З/п основных производительных рабочих	руб.	9,76
Отчисления на соц. нужды	руб.	2,53
Ремонтный фонд	руб.	57,2
Общезаводские расходы	руб.	1,35
З/п руководителей, ИТР, МОП	руб.	15,24
Накладные расходы	руб.	127,54
Себестоимость продукции	руб.	1207,70
Резиновый порошок	руб.	47,33
Битум	руб.	358,9
Мазут М-40	руб.	77,37
Заготовительно-складские расходы	руб.	15,03
Щебень и песок о/д	руб.	102,01
Битум	руб.	17,91
Резиновый порошок	руб.	8,4
Электроэнергия	руб.	7,86
Сжатый воздух	руб.	3,85
Вода	руб.	10,06
Потери от брака	руб.	5,5

Окончание таблицы 12

Калькуляционные затраты	Ед.изм.	Для 1 тн АБС тип А М-1
З/п основных производительных рабочих	руб.	9,76
Отчисления на соц.иужды	руб.	2,53
Ремонтный фонд	руб.	57,2
Общезаводские расходы	руб.	1,35
З/п руководителей, НТР, МОП	руб.	15,24
Накладные расходы	руб.	127,54
Себестоимость продукции	руб.	1207,70

Расчет стоимости потребляемой энергии осуществляется по двухставочному тарифу:

$$T = aP + vN, \text{кВт ч}, \quad (81)$$

где P – расход потребляемой энергии, кВт ч;

a – тариф за 1 кВт ч ($a = 1,89$ руб. за кВт);

N – установленная мощность оборудования;

v – плата за установленную мощность, руб./кВт ($v = 210$ руб./кВт).

Оборудование на которое оплачивают установочную мощность должно превышать 50 кВт·ч. В данном случае к ним относится сушильный барабан.

Таблица 13 – Расчет потребляемой энергии

Наименование оборудования	Количество, шт.	Мощность оборудования	Баланс рабочего времени за год, ч	Расход энергии за год, кВт ч	Сумма, руб.
Агрегат питания	1	7,3	1336	9752,8	18432,8
Сушильный барабан	1	56	1336	74816	153180,2

Окончание таблицы 13

Наименование оборудования	Количество, шт.	Мощность оборудования	Баланс рабочего времени за год, ч	Расход энергии за год, кВт ч	Сумма, руб.
Смесительный агрегат	1	41	1336	54776	103526,5
Агрегат готовой смеси	1	21,6	1336	28857,6	54540,9
Система пылеочистки	1	41,9	1336	55978,4	105799,2
Нагреватель битума	1	16,4	1336	21910,4	41410,7
Нагреватель жидкого теплоносителя	1	2,2	1336	2939,2	5555,1
Наименование оборудования	Количество, шт.	Мощность оборудования	Баланс рабочего времени за год, ч	Расход энергии за год, кВт ч	Сумма, руб.
Система опрыскивания	1	6,1	167	1018,7	1925,3
Пневмосистема	1	7,5	167	1252,5	2367,2
Итого					486737,9
Потери 5%					24336,9
Всего					511074,8

Таблица 14 – Расчет энергетических затрат

Наименование затрат	Единица измерения	Общий расход	Стоимость ед.расхода, руб.	Сумма, тыс. руб.
Сжатый воздух	тыс. м ³	1470	0,17	249,9

Окончание таблицы 13

Наименование затрат	Единица измерения	Общий расход	Стоимость ед. расхода, руб.	Сумма, тыс. руб.
Вода	тыс. м ³	515	1,27	654,05
Итого				903,95

График работы цеха:

- для основного производственного персонала и для вспомогательного, ремонтного и младшего обслуживающего персонала – односменный, 12-ти часовой, двухбригадный;
- для инженерно-технических работников – односменный, 8-часовой.

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Рабочее время	Производственные рабочие	Руководители, НТР, МОП
Календарные дни	365	365
Выходные дни	183	105
Праздничные дни	–	10
Нормальный фонд раб. времени	182	250
Невыхода всего; в том числе	55	47
очередной отпуск	42	28
по болезни	10	10
государственные обязанности	2	2
прочие невыходы	1	1
Эффективный фонд рабочего времени	127	214

Реализовывать готовый продукт планируется по 2500 рублей за 1 тонну.

Таблица 16 – Сводный расчет сметы расходов на производство

Наименование показателей	Выпуск продукции
	стоимость, тыс. руб.
Объем продаж по отпускным ценам	162500
Себестоимость всего, в том числе	83112,7
Переменные затраты	59218,2
сырье всего, в том числе	47131,6
щебень	11134,5
песок отсева дробления	4562,96
резинный порошок	3076,6
битум	23328,5
мазут М-40	5029,05
энергоресурсы всего, в том числе:	1415,02
сжатый воздух	249,9
вода	654,05
электроэнергия	511,07
Потери от брака	357,5
ФОТ производственных рабочих	634,4
Отчисления на социальные нужды	164,944
Заготовительно-складские расходы	976,95
Транспортные расходы	8537,75
Щебень и песок отсева дробления	6630,65
Битум	1164,15
Резинный порошок	546
Мазут М-40	196,95
Постоянные затраты:	23894,6

Окончанпе таблицы 16

Наименование показателей	Выпуск продукции
	стоимость, тыс. руб.
ФОТ руководителей, НТР, МОП	2377,95
ФОТ производственных рабочих	888,324
Отчисления на социальные нужды	849,231
амортизация	6195,24
расходы на текущие ремонты	3717,14
расходы на охрану труда	390,07
общецеховые расходы	585,12
общезаводские расходы	87,8
Накладные расходы	8290,1
коммунальные расходы	117,02
расходы на освещение и вентиляцию	102,21
налог на имущество	283,36
налог на землю	11
Прибыль балансовая	79387,3
Налог на прибыль (24%)	19052,9
Чистая прибыль	60334,3

Расходы на охрану труда и технику безопасности принимаются 10 % от фонда оплаты труда:

$$3900,68 \cdot 0,1 = 390,07 \text{ тыс. руб.}$$

Общецеховые расходы составляют 15 % от фонда оплаты труда:

$$3900,68 \cdot 0,15 = 585,12 \text{ тыс. руб.}$$

Общезаводские расходы составляют 15 % от общецеховых:

$$585,12 \cdot 0,15 = 87,8 \text{ тыс. руб.}$$

Коммунальные расходы составляют 20 % от общецеховых:

$$585,12 \cdot 0,2 = 117,02 \text{ тыс. руб.}$$

Расходы на освещение и вентиляцию составляют 20 % от расхода электроэнергии:

$$511,07 \cdot 0,2 = 102,21 \text{ тыс. руб.}$$

Налог на имущество – 2,2 % от суммы основных средств:

$$12880,1 \cdot 0,022 = 283,36 \text{ тыс. руб.}$$

Налог на землю - 4 руб. за 1 м² :

$$2750 \cdot 4 = 11 \text{ тыс. руб.}$$

Критический объем реализации:

$$V_{кр} = \frac{C_{ист.прив}}{C} - ПЗ_{ед}, \quad (82)$$

$$V_{кр} = 60334,3/2500 - 1278,6 = 49398 \text{ тн.}$$

2500 – цена за тонну смеси, руб.

1278,6 – переменные затраты на ед. продукции, руб.

Порог рентабельности:

$$ПР = V_{крит} \cdot C, \quad (83)$$

где C – цена 1т продукции

$$ПР = 49398 \cdot 2500 = 123495 \text{ тыс. руб.}$$

Запас финансовой прочности:

$$ЗФП = \text{Выручка от реализации} - ПР, \quad (84)$$

$$ЗФП = 162500 - 123495 = 39005 \text{ тыс. руб.}$$

Рентабельность в целом:

$$P = \frac{\text{чист.приб}}{ПР + C_{осн.ф.}} \cdot 100\%, \quad (86)$$

$$P = \frac{60334,3}{123495 + 12880,1} \cdot 100\% = 44,2\%$$

Рентабельность от реализации:

$$P_{реализ} = \frac{\text{чист.приб}}{\text{выручка от реализ.}} \cdot 100\%, \quad (87)$$

$$P_{реализ} = \frac{60334,3}{162500} \cdot 100\% = 37,1\%$$

Рентабельность себестоимости:

$$P_{\text{себест}} = \frac{\text{чистприбыль}}{\text{пер.затр.} + \text{пост.затр.}} \cdot 100\%, \quad (88)$$

$$P_{\text{себест}} = \frac{603343}{592182 + 238946} \cdot 100\% = 73\%$$

Таблица 17 – Основные технико-экономические показатели проекта

Наименование	Ед. измерения	Результат	
Объем выпуска реализации	ти	65000	
	тыс. руб.	162500	
Цена реализации 1тн	руб.	2500	
Себестоимость 1тн	руб.	1207,7	
Списочный состав рабочие (ППР) служащие (ИТР)	чел.	7	
	чел.	24	
Среднемесячная зарплата ППР	тыс. руб.	126,894	
Среднемесячная зарплата ИТР	тыс. руб.	116,55	
Фонд оплаты труда (ППР и ИТР)	тыс. руб.	3900,678	
Налоги:			
	на землю	тыс. руб.	11
	на прибыль	тыс. руб.	19052,9
на имущество	тыс. руб.	283,36	
Амортизационные отчисления	тыс. руб.	6195,24	
Прибыль			
	балаисовая	тыс. руб.	79387,3
чистая	тыс. руб.	60334,3	
Количество оборудования	шт.	12	
Стоимость оборудования	тыс. руб.	12880,1	
Переменные издержки	тыс. руб.	59218,2	
Постоянные издержки	тыс. руб.	23894,6	

Окончание таблицы 17

Порог рентабельности	тыс. руб.	123495
Запас финансовой прочности	тыс. руб.	39005
Фондоемкость		8
Фондоотдача		12,6
Фондовооруженность	%	415,48
Рентабельность в целом	%	44,2
Рентабельность от реализации продукции	%	37,1
Рентабельность себестоимости		73

Проект можно принять к реализации, так как, рентабельность – 62,7%, себестоимость 1тн – 1549,01 рублей. По расчетам предприятие можно считать рентабельным и выгодным с экономической точки зрения.

6 ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

6.1 Охрана труда

При выполнении работ по производству асфальтового бетона должна быть обеспечена безопасность для работающих при возникновении следующих опасных и вредных производственных факторов:

- движущиеся машины и механизмы;
- пары и брызги горячего битума и мастики;
- запыленность и загазованность воздуха;
- уровень шума и вибрации;
- недостаточная освещенность;
- сжатый воздух;
- отклонения от оптимальных норм температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне;
- электробезопасность применяемых машин и оборудования.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны и параметры микроклимата не должны превышать норм, установленных ГОСТ 12.1.005-88 [25]. Допустимые значения уровней шума и вибрации, создаваемые машинами на рабочих местах, соответственно по ГОСТ 12.1.003-83 [26] и ГОСТ 12.1.012-90 [27].

При выполнении работ по приготовлению асфальтобетонной смеси в опасных зонах порядок допуска к производству работ, а также границы опасных зон, в пределах которых действуют опасные факторы, должны соответствовать СНиП III-4-80.

При выполнении работ водителей, находящихся в кабинах различных строительных машин, основным неблагоприятным фактором являются вибрация и шум, запыленность и загазованность воздуха, неблагоприятные метеорологические условия. При управлении экскаватором амплитуда общей вибрации достигает от 0,008 до 1,4 мм. В кабинах экскаваторов шум (от 58 до 105 дБ), параметры которого часто выше нормативных пределов.

На территории асфальтобетонных заводов выделение загрязняющих веществ происходит в основном следующих звеньях:

- в звене подготовки битума;
- в звене производства и подготовки минеральных материалов (склады щебня, песка, ленточные транспортеры, грохоты);
- в котельной, гараже, складе ГСМ.

В воздух рабочей зоны могут выделяться в основном следующие вещества: неорганическая пыль с разным содержанием диоксида кремния, углеводороды, оксиды углерода карбита, ангидрид сернистый, оксид серы, сажа, свинец.

Для обеспечения минимального загрязнения окружающей среды в данном дипломном проекте используем пылеуловители с рукавными фильтрами.

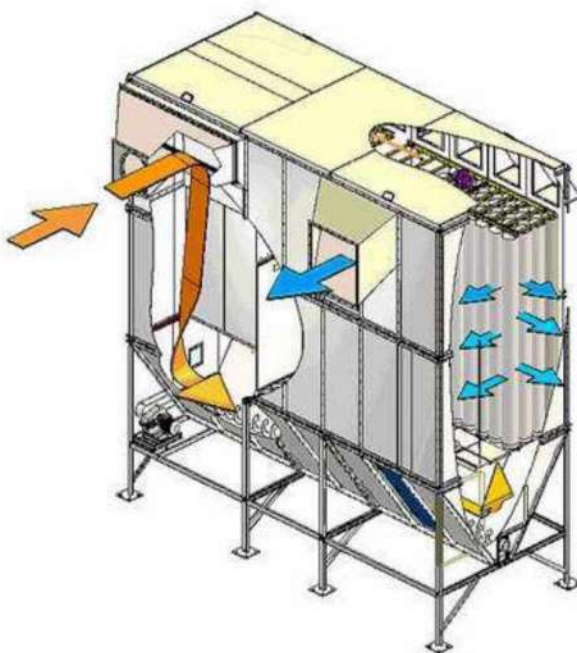


Рисунок 5 – Рукавный фильтр

Достоинства фильтра:

- высокая степень пылеулавливания за счет согласования фильтровальной площади, фильтрующего материала и цикла очистки;
- преимущества очистки усиливаются за счет вертикального обдува рукавов;
- простой и быстрый монтаж за счет предварительного монтажа на заводе;
- низкие затраты на обслуживание и удобная замена рукавов;

- высокий стандарт безопасности, взрыво-огнезащитенность;
- низкие эксплуатационные затраты ввиду незначительных сопротивлений и потерь сжатого воздуха;
- выгодное сочетание «цена – мощность».

Для работы мазутной горелки требуется определенное количество воздуха. Этот воздух вместе с продуктами сгорания топлива и выпаренной из минеральных материалов влагой перемещается через сушильный или сушильно-смесительный агрегат со скоростью, зависящей от режима работы асфальтосмесительной установки. Содержание пыли в дымовых газах возрастает пропорционально увеличению производительности дымососа.

Под эффективностью работы оборудования для очистки дымовых газов подразумевается отношение количества пыли, оставшейся в пылеуловителе, к количеству пыли, содержащейся в дымовых газах до его прохождения через пылеуловитель. В частности эффективность пылеуловителя можно определить по количеству частиц, выбрасываемых из вытяжной трубы. Основным загрязнителем дымовых газов являются мелкие фракции, мелкодисперсная пыль, которая попадает в атмосферу через негерметичное оборудование или трубопроводы. Для асфальтосмесительных установок периодического действия можно назвать три основных источника утечки мелкодисперсной пыли: элеватор для подачи горячего материала на грохоты и в смесительный агрегат. В результате грохочения горячих материалов образуется мелкодисперсная пыль. Она также образуется в процессе цикла сухого смешивания в смесительном агрегате. Для предотвращения выбросов мелкодисперсной пыли в атмосферу необходимо закрыть грохоты герметичным кожухом и свести цикл сухого перемешивания к минимуму.

Кроме этого возможно применение специальной системы очистки дымовых газов от мелкодисперсной пыли. Эта система состоит из трубопровода с регулируемыми заслонками, который подводится с одной стороны к кожуху грохотов, бункерам для хранения горячих материалов, весовому бункеру-дозатору и смесительному агрегату, а с другой стороны к вентилятору-дымососу, который подает пыль в пылеуловитель. Как на асфальтосмесительных установках периодического

действия, так и на асфальтосмесительных установках непрерывного действия трубопровод между сушильным и сушильно-смесительным агрегатом и оборудованием для очистки дымовых газов может служить причиной попадания в атмосферу мелкодисперсной пыли. Все отверстия в трубопроводе необходимо герметично закрыть, чтобы вся находящаяся в дымовых газах пыль попадала в пылеуловитель. Рекомендуется сразу устранить имеющиеся неплотности, чтобы вентилятор-дымосос не осуществлял подсос дымовых газов, уменьшая тем самым его количество, подаваемое к горелке. Таким образом, при работе с оборудованием для очистки дымовых газов необходимо обращать внимание на следующее:

- необходимо периодически контролировать цвет выходящих из вытяжной трубы дымовых газов.
- необходимо проверять чистоту воды в резервуаре-отстойнике в том месте, где вода откачивается из резервуара.
- при использовании пылеуловителя необходимо следить за тем, чтобы перепад давления в рукавных фильтрах был в интервале от 50,4 до 152,4 мм водяного столба.
- температура попадающего в пылеуловитель с рукавными фильтрами дымовых газов не должна превышать 205 °С;
- при приготовлении асфальтобетонной смеси необходимо сравнивать фактический зерновой состав с составом исходным.

В битумоприемниках следует устанавливать автоматические газоанализаторы, при отсутствии газоанализаторов периодически должен осуществляться лабораторный анализ воздушной среды.

Для предупреждения попадания атмосферных осадков в расплавленный битум битумоприемники должны быть расположены под навесом. В целях повышения безопасности они должны быть оборудованы системами подогрева битума. Для переливания жидкого битума из контейнеров и цистерн в битумоприемник последние должны быть закрыты сплошными металлическими крышками, люками.

Люки должны быть закрыты металлическими решетками с ячейками размером не более 150x150 мм.

Битумоприемники и битумохранилища должны быть снабжены сигнализаторами максимально допустимого уровня битума.

Битумоприемники должны быть оборудованы площадками для обслуживания контейнеров, цистерн, лебедок, применяемых для опорожнения контейнеров. Рабочие, обслуживающие битумоприемники, должны быть обеспечены инвентарными тормозными башмаками для стопорения железнодорожных цистерн и контейнеров во время разгрузки, а также переносными шлангами для подключения пара к паровым рубашкам цистерн и контейнеров.

Внутренний осмотр, очистка ремонт битумоприемников и битумохранилищ следует производить при температуре не выше 40 °С по наряду-допуску.

При эксплуатации битумоприемников и битумохранилищ запрещается:

- хождение по крышам битумоприемников;
- присутствие людей в зоне опорожнения контейнеров и вблизи люка битумоприемника во время слива;
- передвижение железнодорожных платформ с не закрепленными контейнерами;
- слив битума при незаторможенных контейнерах или цистернах.

Основными и ответственными исполнителями мероприятий по охране труда на асфальтобетонных заводах являются производители работ, а также мастера цехов. В пределах порученных им объектов они обязаны:

- проводить первичный и повторные инструктажи на каждом рабочем месте, а также повседневный контроль, инструктаж и обучение рабочих безопасным приемам работы;
- обеспечивать рабочих средствами индивидуальной защиты;
- отвечать за исправное состояние ограждения мест работ – лестниц, переходов и укрепления траншей, контролировать и отвечать за соблюдение работающих правил техники безопасности, контролировать степень освещения рабочих мест, проходов и проездов;

– обеспечивать опасные рабочие места предупредительными надписями, плакатами.

Рабочие места на всех участках работ должны обеспечивать безопасное выполнение всех видов работ. Для этого рабочие места должны быть оборудованы необходимыми ограждениями, защитными и предохранительными приспособлениями.

Машины, механизмы и оборудование, имеющие электропривод, должны иметь заземление в соответствии с "Инструкцией по заземлению передвижных строительных механизмов и электрифицированного инструмента" (СН 38-58).

Емкости для хранения токсичных и огнеопасных материалов должны закрываться герметичными крышками и запираться. Наполнение емкостей и раздачу материалов необходимо производить с помощью насосов и трубопроводов. Раздача материалов черпаками, ведрами и сифонами запрещается. В местах перехода через конвейеры, траншеи и канавы должны быть установлены мостики шириной не менее 0,6 м с перилами высотой 1 м.

Внутризаводские дороги и пешеходные дорожки в зимнее время должны регулярно очищаться от снега и льда и посыпаться песком или шлаком [7].

6.2 Охрана окружающей среды

При работе АБЗ образуется большое количество вредных веществ, в первую очередь пыль. Основными зонами наиболее интенсивного выделения пыли являются дымовая труба, разгрузочная и загрузочная коробки сушильного барабана. Пыль образуется также при работе «горячего» элеватора, грохочения сухого песка и щебня, при подаче и дозировании минерального порошка и сухих горячих каменных материалов, перемещения материалов транспортерами и в процессе дробления.

Значительное выделение пыли происходит в процессе ее сдувания с поверхности открытых складов хранения, особенно склада песка, а также в процессе пересыпки материалов. Для уменьшения выбросов пыли от складов хранения рекомендуется устраивать ограждающие стенки, что существенно снижает площадь

открытой поверхности. Снижению выбросов пыли также способствует правильная технология перемещения материалов, при которой высота пересыпки материалов минимальна.

При неблагоприятных метеоусловиях в целях сокращения или полного прекращения выбросов необходимо:

- усилить контроль за работой рукавного фильтра, топочными режимами котлов, выбросами и соблюдением технологии производства смесей;
- запретить выход транспортных средств с повышенным содержанием окиси углерода в отработанных газах;
- обеспечить контроль над содержанием окиси углерода, полнотой сгорания топлива в асфальтосмесительных установках;
- исключить засыпку и транспортирование пыли, работу оборудования в форсированном режиме;
- уменьшить нагрузку котельных вплоть до полного отключения в особо опасные периоды котлов, работающих на высокосернистом и высокозольном топливе;
- снизить производительность асфальтосмесительных установок с целью сокращения выбросов.

В настоящее время осуществляется ряд организационно-технических мероприятий, направленных на уменьшение загрязнения воздушной среды:

- обеспыливание щебня и песка в карьерах, на щебеночных заводах, в местах перегрузки на АБЗ;
- повышение эффективности гидрообеспыливания за счет добавления реагентов, улучшающих смачивание пылевых частиц;
- применение аэроизоляции воздуха производственных помещений;
- установка труб и желобов с минимально допустимыми сечениями и углами наклона.

Эффективными мероприятиями являются решения по внедрению дополнительных и реконструкции существующих установок, созданию нового оборудова-

ния, перевод просушивания и нагрева песка и щебня на электрический нагрев, применение электронагрева битума, герметизация емкостей и средств механизации для транспортирования минерального порошка, устройство систем аспирации, внедрение пылеочистительных систем сухой и мокрой очистки.

Снижению степени загрязнения воздуха способствуют и мероприятия по системе топливоподдачи и сжигания топлива: газификация АБЗ, использование высокоэффективных центробежных форсунок для распыла мазута; очистка агрегатов системы топливоподдачи (емкостей, насосов, магистралей форсунок и т.д.).

Для уменьшения загрязнения воздушной среды целесообразны и профилактические мероприятия по системе пылеулавливания: очистка воздухопроводов через люки в туннельных застойных зонах, очистка циклонов и бункеров.

Эффективным мероприятием по охране окружающей среды на АБЗ является озеленение в виде быстрорастущих зеленых насаждений.

Поверхностные и подземные воды загрязнены различными примесями, попадающими вместе с осадками и ливневыми стоками.

Среди загрязнителей воды наибольшую опасность представляют нефтепродукты, которые могут просачиваться в подземные воды.

Водопотребление осуществляется от городской водопроводной сети. Вода на предприятии используется на хозяйственно – бытовые нужды. После использования сточные воды промывки поступают в выгребную яму. Выгребная яма имеет следующие размеры: длина – 3 м, ширина – 2 м, глубина – 2,5 м. Дно ямы забетонировано для предотвращения попадания загрязнений в почву.

По мере заполнения стоки откачиваются специализированным автотранспортом и вывозятся на городские очистные сооружения. Производственные стоки отсутствуют.

Подземные воды на территории предприятия отсутствуют.

Образуются стоки хозяйственного и ливневого происхождения. Ливневоки никак не контролируются, удаляются естественно. На предприятии не осуществляется очистка ливневых стоков.

Почва на территории предприятия сильно загрязнена минеральными мате-

риалами: песок, щебень, отсев; нефтепродуктами: битум. Склад песка и щебня – площадка, специально подготовленная для хранения сыпучих материалов. Площадка забетонирована. Но в настоящее время для материалов используемых в процессе производства заняты все возможные для использования производственные площади.

Наиболее эффективным мероприятием по удалению органических загрязнений является использование микроорганизмов. Для восстановления земельных ресурсов после складирования на ней минеральных материалов выполняется техническая и биологическая рекультивация.

Биологическая рекультивация - это этап рекультивации земель, включающий мероприятия по восстановлению их плодородия, нарушенного в результате концентрации промышленного производства.

Техническая рекультивация предусматривает снятие плодородного слоя почвы, его хранение и возвращение.

Сложность технической рекультивации заключается в необходимости размещения на территории предприятия вытесненного минерального грунта, так как вывоз его из-за значительной массы весьма затруднен

Основное количество отходов, образующихся на предприятии, являются малотоксичными (4 класс токсичности), нелетучими, нерастворимыми, хранятся в металлических коробах и ящиках в закрытых помещениях, в связи с чем, не оказывают отрицательного воздействия на окружающую среду.

В соответствии с инвентаризацией отходов на предприятии в процессе основного производства образуются отходы различных классов.

3 класс опасности:

- отходы нефтепродуктов, продуктов переработки угля, газа, торфа;
- масла моторные отработанные;
- масла промышленные отработанные;
- масла компрессорные отработанные;
- остатки дизельного топлива.

4 класс опасности:

- мусор от бытовых помещений организаций несортированный;
- отходы потребления на производстве;
- обтирочный материал, загрязненный маслами;
- отходы абразивных материалов в виде пыли и порошка;
- твердые минеральные отходы;
- минеральные шламы;
- песок, загрязненный маслами;
- прочие твердые минеральные отходы.

5 класс опасности

- лом цветных металлов;
- лом черных металлов несортированный;
- резиновые изделия.

Основное количество отходов являются малотоксичными (4 класс токсичности), нелетучими, нерастворимыми, хранятся в металлических коробах и ящиках в закрытых помещениях, в связи с чем, не оказывают отрицательного воздействия на окружающую среду.

Отходы 3 класса токсичности хранятся в специальных закрытых металлических коробах установленных на твердом покрытии. При соблюдении правил хранения отходы не являются источниками загрязнения окружающей среды.

На предприятии организованы места для временного хранения отходов, откуда они по мере накопления вывозятся на полигон промышленных отходов.

Предельный объем временного накопления отходов на предприятии определяется наличием свободных площадей для их временного хранения с соблюдением условий свободного подъезда автотранспорта для погрузки отходов.

Периодичность вывоза определяется с учетом степени токсичности, предельного объема накопления, влияния на окружающую среду и грузоподъемность автотранспорта.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) устанавливается в целях снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха до установленных пределов после проведения

на предприятии всех мер по очистке промышленных выбросов.

В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [25] «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» площадки асфальтобетонного завода имеют нормативную санитарно-защитную зону - 300 м.

Размещение спортивных сооружений, общественных парков, детских дошкольных учреждений, школ, лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений общего пользования на территории СЗЗ не допускается.

При озеленении санитарно-защитных зон следует отдавать предпочтение созданию смешанных древесно-кустарниковых насаждений, обладающих большей биологической устойчивостью и более высокими декоративными достоинствами по сравнению с однопородными посадками.

При реконструкции цехов и корпусов в перспективе необходимо предусматривать сохранение существующих зеленых насаждений и добавление новых на освобождающихся зеленых участках. Наиболее целесообразна посадка тополей, поскольку они наиболее устойчивы к различным видам загрязнения атмосферного воздуха, быстро растут, имеют хорошо сформированную крону, декоративны. В качестве кустарника можно рекомендовать жимолость, так как она устойчива к химическим загрязнениям, хорошо переносит стужу, быстро растет.

Внутризаводская территория имеет озеленение, дороги и тротуары с асфальтовым покрытием [8].

6.3 Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций

Для каждого завода или самостоятельного цеха разрабатывается инструкция по обеспечению пожарной безопасности.

Между зданиями и сооружениями должны быть противопожарные разрывы, которые должны быть в течение всего года в проезжем состоянии.

Пожарный инвентарь и оборудование должны находиться на видных местах и быть в исправном состоянии. Водоснабжение для тушения пожара должно осу-

шествляться из водоемов или пожарных гидрантов. Пожарные краны, рукава и стволы следует хранить в закрываемых и опломбированных шкафах.

При появлении людей на штабелях или бункерах-накопителях инертных материалов во время работы смесителя немедленно выключить конвейер.

Если на ленте транспортера выявлены надрывы металла, резкие прогибы и дефекты сварочных швов, работу следует немедленно прекратить. Осматривать ленту необходимо перед началом каждой смены.

Запрещается гасить горящие провода или электрокабель, не выключив напряжения.

В случае пожара необходимо немедленно отвести людей на безопасное расстояние, сообщить пожарной охране и принять меры по гашению.

В случае внезапного прекращения подачи тока машинист ленточного транспортера должен выключить рубильник и затормозить механизм.

При несчастных случаях машинист ленточного транспортера должен оказать пострадавшему первую медицинскую помощь, а при неотложных случаях вызвать скорую медицинскую помощь и немедленно сообщить администрации о несчастном случае.

В случае прекращения поступления горючего в топку, отрыва пламени в середину горелку следует немедленно выключить.

При загорании электрооборудования немедленно обесточить технологическое оборудование, принять меры по локализации пожара.

При подогревании битума, который содержит примесь воды, до температуры 95–105 °С происходит выпаривание воды и бурное пенообразование. Чтобы не допустить вспенивание и выброс битума, следует применять пеногасители СКТН-1 (2-3 капли на 10 т) и МКТ-1 (4-6 капель на 10 т).

При загорании битума в котлах надлежит плотно закрыть крышки и дымовую трубу. Если это невозможно выполнить, необходимо гасить огонь пенными огнетушителями и песком. Запрещается для этой цели применять воду, так как это усиливает горение.

При выявлении течи битума из котла необходимо немедленно перекрыть топку, перекачать битум в другие котлы и сообщить мастеру.

В случае всенивания битума интенсивно перемешивать его мешалкой, недопуская проникновения битума в топку. Если перемешиванием уменьшить всенивание не удастся – через кран перелить часть битума в запасную емкость.

При загорании битума в котле необходимо немедленно плотно закрыть крышку котла и трубу, иогасить топку.

При загорании вяжущего в битумных котлах, окислительных установках немедленно остановить технологическое оборудование, перекрыть подачу битума на смеситель.

При несчастных случаях асфальтобетонщик должен уметь оказывать первую доврачебную помощь, при необходимости, должен вызвать скорую медицинскую помощь и сообщить администрацию о том, что произошло.

Для тушения пожара в электроустановках электромонтер должен применять углекислотные огнетушители, сухой песок, асбестовую или грубошерстную ткань. Если иогасить пожар своими силами невозможно, то необходимо немедленно вызвать пожарную команду.

При поражении электрическим током электромонтер должен немедленно освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроустановку от источника питания, а при невозможности отключения – оттянуть его от токопроводящих частей за одежду или применив подручный изоляционный материал.

При отсутствии у пострадавшего дыхания и пульса электромонтер должен оказать ему первую медицинскую помощь и вызвать скорую медицинскую помощь.

Электромонтер должен уметь оказать первую помощь при ожогах. Не следует снимать с обожженного места одежду и удалять белье, которое прилипло к ране [7].

6.4 Экологические аспекты производства асфальтобетонных смесей с добавлением резинового порошка

Проблема переработки изношенных шин имеет важное экологическое значение, поскольку изношенные шины накапливаются в местах их эксплуатации (в автохозяйствах, на аэродромах, промышленных и сельскохозяйственных предприятиях, шиномонтажных мастерских, горно-обогатительных комбинатах и т.д.). Вывозимые на свалки или рассеянные на окружающих территориях, шины длительное время загрязняют окружающую среду вследствие высокой стойкости к воздействию внешних факторов (солнечного света, кислорода, озона, микробиологических воздействий).

Засыпанная землей шина разлагается более 150 лет. Места их скопления, особенно в регионах с жарким климатом, служат благоприятной средой обитания и размножения для грызунов, змей и насекомых, являющихся разносчиками различных заболеваний. Известно много случаев, когда свалки покрышек служили главным причинами эпидемий в городах и на обширных территориях.

Кроме того, шины обладают высокой пожароопасностью и относятся к 4 классу опасности, а продукты их неконтролируемого сжигания оказывают крайне вредное влияние на окружающую среду. Температура горения шины равна температуре горения каменного угля, поэтому потушить такое возгорание сложно.

Переработка изношенных шин, содержащих помимо резины, технические свойства которой близки к первоначальным, так же большое количество армирующих текстильных и металлических материалов, является источником экономии природных ресурсов. Кроме того, ликвидация свалок изношенных шин позволяет освободить значительные площади занимаемых земель для использования их по назначению.

За последние несколько лет Россия начинает приближаться к международным нормам защиты экологии и правительством нашей страны каждый год принимаются новые законопроекты, регулирующие сбор, хранение и переработку отходов производства и потребления.

В настоящее время даже в обыденном сознании появляется понимание ущербности привычных взаимоотношений человека с окружающим его миром. Бессистемная и неразумная человеческая деятельность, сравниваясь по масштабам с природными процессами, откликаясь в природной среде, приводят к несоизмеримым и часто невозможным последствиям, потерям и катастрофам. С развитием человеческого общества привычка брать у природы необходимое без адекватной компенсации изъятого становится анахронизмом.

Измельчение отходов резины признается самым простым и рациональным способом переработки, поскольку позволяет максимально сохранить физико-механические и химические свойства материала. Однако, именно конечная стадия использования полученной крошки и является камнем преткновения экономически эффективного решения проблемы полного рециклинга резиновых отходов.

Из всего изложенного следует, что широкомасштабное внедрение битумно-резиновых вяжущих позволяет решить одновременно две важных проблемы:

- проблему повышения качества и продления сроков службы дорожных асфальтобетонных покрытий, сокращения затрат на их ремонт, сбережение ресурсов, расходуемых на ремонтные работы;
- экологическую проблему масштабной утилизации изношенных автомобильных шин и отходов РТИ.

Соединение автотранспортной сферы и химической промышленности с потребностями дорожно-строительной отрасли на базе так называемых отходов резины, один из возможных и ярких примеров организации новой, практически замкнутой технико-экономической схемы, отвечающей императиву устойчивого развития общества. Система сбора и промышленной переработки отходов резинотехнических изделий и амортизированных шин должна являться частью вышеназванной комплексной системы и оцениваться именно в ее рамках.

7 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

7.1 Способы производства асфальтобетонных смесей

Асфальтовые смеси могут быть изготовлены горячим, теплым и холодным способом в зависимости от способа смешивания компонентов во время их приготовления, а также от способа укладки.

Асфальтовые смеси, как подогретые, так и холодные, могут изготавливаться в удалении от места производства работ, а могут производиться на самом месте укладки при выполнении одновременно с укладкой и в этом случае являются составной частью технологии выполнения покрытия непосредственно на месте.

Горячие асфальтобетоны, которые в широком понимании этого слова делятся на:

- катанные асфальтобетоны, когда смешивание асфальтовой массы происходит не на месте самого покрытия, например, в асфальтовых установках

- литые асфальты, когда смешивание асфальтовой массы производится при в асфальтовых установках, удаленных от места покрытия, при в особых смесителях, размещающихся на грузовиках, на самом месте покрытия, а само покрытие асфальтовой массой осуществляется с помощью литья на основание без использования машинного прокатывания уложенного слоя асфальтового покрытия (поверхность выравнивается с помощью легких ручных деревянных вальков)

- разбрызганные (а затем катанные) асфальты, при употреблении которых смешивание асфальтовой массы производится на месте производства работ; разбрызганные асфальты с учетом способа внесения связующего вещества делятся на:

- однослойные, двухслойные, многослойные при усиленные поверхностные обработки (при использовании последних на основу в первую очередь наносится связующее вещество, а затем слой щебня, который после этого прокатывается катком);

- однослойные или многослойные полупенетрированные или пенетрированные дорожные покрытия (при которых вначале наносится слой щебня, а затем на этот слой разбрызгивается связующее вещество или заливается этим связующим веществом, которое затем проникает в слой щебня при условии обязательного закрытия выполненных таким путем дорожных покрытий с помощью поверхностной обработки);
- асфальтовые дорожные покрытия, являющиеся технологическими комбинациями выполнения несущих слоев или покрытий из асфальтобетона и разбрызганных асфальтов [1].

7.2 Основные дефекты асфальтобетонных покрытий

Реальные сроки службы асфальтобетонных покрытий в условиях интенсивного движения автотранспорта составляют во многих случаях не более 4-5 лет, а нередко 2-3 года. Столь малые сроки службы покрытий вынуждают дорожные организации проводить многократные ремонтные работы в процессе эксплуатации дороги, тратить значительные материальные, трудовые и финансовые ресурсы не на развитие дорожной сети и строительство новых дорог, а на поддержание требуемых транспортно-эксплуатационных показателей уже существующих.

Эффективность применения высококачественных битумов, обеспечивающих продление сроков службы дорожных асфальтобетонных покрытий и сокращение затрат на их ремонт и содержание, выдвигает задачу организации производства и применения битумных вяжущих нового поколения, в которых битум служит основным базовым компонентом, а необходимый уровень качества достигается за счет введения разного рода модифицирующих компонентов.

Если история применения органических вяжущих в дорожном строительстве начиналась с использования вязких нефтяных остатков гудронов, которые можно рассматривать как остаточные битумы 1-го поколения, то в дальнейшем был осуществлен переход к битумам, получаемым на основе гудронов путем специальной переработки их окислением или глубокой вакуумной дистилляцией. Это битумы 2-го поколения, они применяются в настоящее время. Необходимость

продления сроков службы дорожных покрытий в условиях современного движения, требования повышения эффективности работ по их строительству и ремонту ставят актуальную задачу разработки и применения высококачественных битумных вяжущих 3-го поколения. В этих вяжущих 3-го поколения непосредственно нефтяной битум выполняет роль базового компонента, на основе которого формируются комплексные или композиционные битумные вяжущие, отвечающие повышенным требованиям, обусловленным конкретными условиями эксплуатации.

В соответствии с принятой классификацией существуют следующие типы дефектов асфальтобетонных покрытий:

- колея - это продольные углубления в покрытии (в верхних или нижних слоях) и вызваны они смещением материала при воздействии нагрузок от движущихся транспортных средств;
- низкотемпературное растрескивание. При понижении температуры окружающей среды асфальтобетон становится хрупким и может треснуть вследствие напряжений вызванных сжатием материала при низкой температуре.
- усталостные разрушения. Подобные разрушения происходят, когда вертикальная нагрузка от транспорта превосходит допустимые значения.
- истирание. Так называется истирание поверхностного слоя асфальтобетонного покрытия как результат потери адгезии между битумом и минеральным материалом.
- коррозия. Процесс коррозии обусловлен недостаточной водо- и морозостойкостью, но причина - в неправильно подобранном составе.

7.3 Технология приготовления асфальтобетонных смесей

Предварительно отдозированные щебень (определенных фракций) и песок необходимо подавать в сушильный барабан.

Сушильный барабан установлен к горизонту под углом 4° и вращается на опорных катках. Внутри барабана расположены лопасти. При вращении барабана они поднимают материал и сбрасывают его в поток горячих газов. Материал в ба-

рабана перемещается от верхнего (загрузочного) торца к нижнему (разгрузочному) торцу за счет наклона барабана (подъем материала осуществляется по перпендикуляру к оси барабана, падение по вертикали). Горячие газы, получаемые от сжигания в топочном агрегате мазута, движутся навстречу движению материала (противоточная сушка). При интенсивном теплообмене каждой частицы минерального материала с горячими газами происходит быстрый нагрев материалов. При этом частицы песка нагреваются более интенсивно, чем зерна щебня.

Требуемая температура нагрева минеральных материалов для приготовления уплотняемых асфальтобетонных смесей 160-185 °С.

Из сушильного барабана нагретые материалы по ссыпному лотку поступают в горячий элеватор и поднимаются им в сортировочный агрегат смесительной башни. Сортировочный агрегат (грохот) разделяет горячие материалы по фракциям (по количеству сит), которые поступают в соответствующие отсеки расходного бункера. Отсеки оснащены автоматически управляемыми затворами, осуществляющими поочередную подачу материалов различных фракций в весовой бункер-дозатор. При поступлении сигнала о готовности смесителя принять на смешивание новую порцию материалов затвор бункера-дозатора автоматически раскрывается и отдозированная порция горячих материалов поступает в смеситель.

Параллельно с дозированием горячих минеральных материалов производится объемное дозирование битума, подаваемого из битумонагревательного агрегата или непосредственно из инвентарного битумохранилища.

Горячие минеральные материалы и порошок поступают в смеситель одновременно из весового бункера. Минеральный порошок следует подавать отдельным элеватором в соответствующий отсек.

После их непродолжительного сухого перемешивания в смеситель подается битум. Цель перемешивания - равномерно распределить все компоненты смеси по объему замеса и равномерное распределение битума по поверхности зерен минерального материала.

Введение резиновой крошки в состав асфальтобетонных смесей осуществляется введением резиновой крошки в битум с последующим введением битумно-

резинного вяжущего в асфальтосмесительную установку и перемешиванием с минеральными компонентами.

Перед смешиванием битум нагревается до температуры 195 °С. Время смешивания ≤1 мин. Далее смесь поступает в котёл на созревание. Время созревания 45-60 мин, температура созревания 190 °С. После созревания битум сразу же поступает на асфальтобетонный завод, где смешивается с агрегатными материалами.

Смесь в ёмкости для нагревания перемешивается с небольшой скоростью при помощи шнека, температура поддерживается теплообменником с горячим маслом. После набухания масса крошки в битуме составляет 30–40 %.

Устройство для набухания состоит из двух одинаковых ёмкостей, что обеспечивает непрерывность производства (пока в одной ёмкости идёт набухание, в другой происходит выгрузка и загрузка сырья).

По окончании перемешивания автоматически открывается затвор смесителя, и готовая асфальтобетонная смесь выгружается посредством промежуточного транспортного устройства (скип) в накопительный бункер для кратковременного хранения смеси или непосредственно в кузов автомобиля-самосвала.

Для того чтобы обеспечить однородность асфальтобетонных смесей с дробленой резиной, необходимо строго выполнять технологический режим их приготовления: выдерживать время перемешивания смеси, следить за точностью дозирования и однородностью исходных материалов, а также поддерживать температуру исходных материалов и асфальтобетонной смеси. Точность дозирования минеральных материалов должна составлять 3 %, а битума и резины ± 1,5 % (массы каждого компонента).

Температура уплотняемых асфальтобетонных смесей при выходе из мешалки должна быть 140–160 °С.

Уплотняемые асфальтобетонные смеси, приготовленные с дробленой резиной, следует транспортировать с АБЗ к месту работ в автомобилях-самосвалах, внутренние стенки и дно кузовов которых должны быть предварительно смазаны мазутом, нефтью или мыльным раствором. Не допускается применять для этой цели соляное масло, так как частицы резины в нем набухают [9].

7.4 Анализ опыта применения резины в дорожном строительстве.

Вышедшие из эксплуатации изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды:

- шины не подвергаются биологическому разложению;
- шины огнеопасны и погасить их достаточно сложно;
- при складировании они являются идеальным местом размножения грызунов, кровососущих насекомых и служат источником инфекционных заболеваний.

Вместе с тем, амортизированные автомобильные шины содержат в себе ценное сырье: каучук, металл, текстильный корд. Проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира.

Области применения получаемых материалов велики:

- порошковую резину с размерами частиц до 1,0 мм можно применять для изготовления композиционных кровельных и др.;
- порошковая резина с размерами частиц от 0,5 до 1,0 мм применяется при строительстве автомобильных дорог;
- резиновая крошка с размерами частиц от 1,0 до 2,0 мм используется при производстве аэродромной мастики, фольгонзола, битумнозольных кровельных материалов, асфальтобетонных смесей, получения сорбентов и пр.;
- резиновая крошка с размерами частиц от 2,0 до 5,0 мм используется в строительстве современных футбольных полей, легкоатлетических манежей, тротуарных покрытий, звукопоглощающих экранов, панелей, жгутов.
- резиновая крошка с размерами частиц от 5,0 до 10 мм используется при изготовлении массивных резиновых плит для комплектования трамвайных и железнодорожных переездов и т.д.

Обычно дорожные битумы имеют интервал пластичности как правило не выше 60-65 °С, что явно недостаточно для устройства верхних слоев покрытий в

климатических условиях большинства регионов России. Кроме того, у вязких дорожных битумов практически отсутствуют упругие свойства, от которых зависят устойчивость композиционных материалов, каковым является асфальтобетон, к разрушению под действием циклической нагрузки.

Наиболее распространенным способом улучшения пластичности битумных материалов в настоящее время является их модификация.

Основными направлениями исследований в этой области являются, кроме совершенствования технологии производства битумов, повышение качества битумов за счет введения различных модифицирующих добавок типа полимеров, резины, каучуков, термопластичных смол, атактического полипропилена и пр.

Модификация битумов различными добавками позволяет изменить их структуру таким образом, чтобы увеличить интервал пластичности, т.е. температурный интервал, в котором вяжущее сохраняет вязкость, необходимую для обеспечения устойчивости асфальтобетона как к дефектам и разрушениям хрупкого характера типа трещины, выбоины, выкрашивания, так и к дефектам пластическим, в первую очередь – колеи. Последняя из-за резкого изменения характера воздействия транспорта на дорогу становится во всех странах основной проблемой дорожников.

Введение модифицирующих добавок в дорожные битумы позволило расширить интервал пластичности стандартных битумов до + 60 - 40 °С, однако это не дает до настоящего времени полной гарантии увеличения межремонтных сроков службы дорог с асфальтобетонными покрытиями. Возникает, в частности, проблема модификации структуры не только битума, но и асфальтобетона. В этом направлении исследовательские работы проводились в течение многих лет. Предпринимались попытки изменить структуру асфальтобетона путем введения в его состав таких материалов, как сера, дробленая резина, тонкомолотый резиновый порошок. Было установлено, что резиноподобные модификаторы, вводимые в состав асфальтобетонной смеси, обладают свойствами демпферов, снижающих уровень растягивающих и сжимающих напряжений в асфальтобетонном покрытии

при циклических воздействиях проходящего транспорта в условиях переменных температур.

Асфальтобетон с добавкой резинового регенерата обладает меньшей чувствительностью к изменению температуры, от чего уменьшается возможность образования наплывов, повышается эластичность, значительно уменьшается возможность образования температурных трещин.

7.5 Битумно-резинное композиционное вяжущее: свойства и особенности

Битумно-резинное композиционное вяжущее изготавливают на основе резинового порошка, имеющего следующие характеристики:

- размер частиц до 0,8 мм;
- удельная геометрическая поверхность не менее 5000 см²/г.

Частицы резинового порошка, представляют собой агломерат микроблоков размерами до 530 мкм, образуемых блоками агломерированных наночастиц размерами от 500 до 5000 нм.

При вводе порошка в битум образуется структурированное на нано уровне битумно-резинное вяжущее, обладающее высокими физико-механическими свойствами и не проявляющее тенденции к расслаиванию.

Битумно-резинное композиционное вяжущее определяется как однородная смесь окисленного дорожного битума (или смеси битумов) с достаточно мелко-дисперсной крошкой из резины общего назначения. При этом частицы резины полностью не разлагаются и не растворяются, а связываются с компонентами битума прочными, но достаточно подвижными химическими связями и проявляют свои качества уже в составе нового материала. В отличие от обычных битумов, новые вяжущие, сочетающие полезные свойства двух различных компонентов (главным образом, резины), неоднородны по фазовому и химическому составу и по своей природе относятся к классу композиционных материалов. В их составе битум выполняет функции жидкой или псевдожидкой термопластичной матрицы, а частицы резины создают упругий силовой каркас в объеме вяжущего.

При наличии вышеназванной химически сшитой молекулярной структуры вяжущего, имеющиеся как в битуме, так и в резине опасные и токсичные соединения, по-видимому, заключены в полимерную сетку и химически связаны, поэтому их выделение затруднено. Санитарно-гигиенические испытания подтверждают, что вяжущие такой структуры выделяют значительно меньшее количество токсичных веществ, чем битум и отвечают самым жестким экологическим требованиям.

Химическая технология, по которой такие вяжущие производятся, основана на смешивании битума с резиновой крошкой, вследствие чего регулируются радикальные процессы деструкции и сшивки каучуковых цепей резины и высокомолекулярных компонентов битума. Происходит это при создании в объеме битума и на поверхности частиц резиновой крошки условий для химически инициированной ступенчатой радикальной полимеризации в режиме «живых» цепей. В результате частицы резины объединяются как между собой, так и с высокомолекулярными компонентами битума в гетерогенную, армирующую, полимерную пространственную структуру с помощью достаточно прочных химических связей. Стабильность всей дисперсной гетерогенной системы, высокую и долговременную адгезию вяжущего обеспечивают полярные молекулярные группы, образующиеся в большом количестве в химической структуре материала в процессе его приготовления.

Битумно-резиновые композиционные вяжущие, полученные по вышеназванной технологии, имеют повышенную устойчивость к старению при воздействии агрессивных факторов окружающей среды. Связано это с влиянием мелкодисперсных частиц резины и имеющихся в ее составе присадок различного назначения. Резина в виде мелкодисперсных частиц и частично сшитых каучуковых молекул является субстратом, с помощью которого осуществляются эти процессы и благодаря которому становится возможным некое подобие возвращения к свойствам природных нефтей и битумов.

Приготовление вяжущих путем химического объединения битума с резновой крошкой по вышеназванной технологии, как правило, приводит к следующим результатам по сравнению с исходными битумами:

- происходит увеличение температуры размягчения битумного вяжущего и некоторое снижение температуры хрупкости (расширение температурного интервала пластичности);
- происходит улучшение физико-механических и усталостных свойств битумного вяжущего;
- происходит значительное улучшение сцепления битумного вяжущего с поверхностью минерального материала;
- происходит повышение устойчивости к старению, направление изменения температуры размягчения после прогрева меняется на противоположное.

В целом, по сравнению с исходными битумами, происходит значительное улучшение физико-механических и усталостных свойств битумного вяжущего, а также улучшение его адгезии к минеральным компонентам асфальтобетона.

При изготовлении вяжущих в качестве исходных применяют битумы нефтяные дорожные вязкие марок БН, БНД по ГОСТ 22245-90 [18].

В составе вяжущих используется мелкодисперсная резновая крошка должна иметь размеры частиц в диапазоне 0,2-0,8 мм и отвечать требованиям технических условий ТУ 38.108035-97 [19] к крошке РД 0,5 или специальным требованиям, устанавливаемым по согласованию с потребителем. Резновая крошка в готовом вяжущем должна быть распределена равномерно, не должно быть не покрытых битумом частиц. Должны отсутствовать комки резновой крошки и посторонние включения.

Хранение битумно-резнового композиционного вяжущего в битумных емкостях при рабочей температуре не более 160 °С допускается в течение 2-х суток. При хранении следует осуществлять периодическое кратковременное перемешивание всего объема битумно-резнового композиционного вяжущего с помощью низкооборотных мешалок или путем рециркуляции через битумный насос [12].

Так как проведенные исследования мало затрагивают область пористых асфальтобетонных смесей, в том числе получение данных смесей и исследование их свойств, то с научной точки зрения актуальным и целесообразным является разработка состава пористой асфальтобетонной смеси и исследование ее свойств в сравнении с плотной и на битумно-резинном вяжущем.

Цель работы: подбор состава пористой асфальтобетонной смеси, исследование ее свойств и сравнение с плотной и на битумно-резинном вяжущем.

Задачи:

- исследование свойств сырья
- подбор состава
- исследование свойств в сравнении с плотной асфальтобетонной смесью и на битумно-резинном вяжущем
- выводы и рекомендации по области применения асфальтобетонных смесей.

7.6 Материалы и методы исследования

7.6.1 Асфальтобетонные смеси: определения и требования

Асфальтобетонная смесь – рационально подобранная смесь минеральных материалов ((щебня, гравия) и песка с минеральным порошком или без него) с битумом, взятых в определенных соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии.

Асфальтобетонные смеси должны приготавливаться в соответствии с требованиями ГОСТ 9128 [13] по технологическому регламенту, утвержденному в установленном порядке предприятием-изготовителем.

Зерновые составы минеральной части смесей и асфальтобетонов должны соответствовать в процентах по массе: установленным в таблице 18 – для нижних слоев покрытий и оснований; установленным в таблице 19 – для верхних слоев покрытий.

Таблица 18 – Зерновые составы минеральной части для нижних слоев покрытий и оснований асфальтобетонной смеси

Вид и тип смеси и асфальтобетона	Размер зерен, мм, мельче		
	Плотный, тип А	5	0,63
40-50		14-20	4-10
Пористый	40-60	10-60	2-8

Таблица 19 – Зерновые составы минеральной части для верхних слоев покрытий асфальтобетонной смеси тип А

Вид и тип смеси и асфальтобетона	Размер зерен, мм, мельче									
	Плотный, тип А	Непрерывные зерновые составы								
20		15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
90-100		75-100	62-100	40-50	28-38	20-28	14-20	10-16	6-12	4-10

Смеси и асфальтобетоны, в зависимости от значения эффективной суммарной удельной активности естественных радионуклидов (А) в применяемых минеральных материалах, используют при: до 740 Бк/кг - для строительства покрытий дорог и аэродромов без ограничений; а св. 740 до 2800 Бк/кг - для строительства дорог вне населенных пунктов и зон перспективной застройки.

Таблица 20 – Физико-механические свойства асфальтобетонной смеси тип А

Наименование показателя	Значение показателя для асфальтобетонов марок		
	для дорожно-климатических зон		
	І	ІІ	ІІІ
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа, не менее, для плотных асфальтобетонов типов А:	0,9	1,0	1,1

Окончание таблицы 20

Наименование показателя	Значение показателя для асфальтобетонных марок		
	для дорожно-климатических зон		
	I	II	III
Предел прочности при сжатии при температуре 20 °С, МПа, для асфальтобетонов всех типов, не менее:	2,5	2,5	2,5
Предел прочности при сжатии при температуре 0 °С, МПа, для асфальтобетонов всех типов, не более:	9,0	11,0	13,0
Водостойкость плотных асфальтобетонов, не менее:	0,95	0,90	0,85
Водостойкость плотных асфальтобетонов при длительном водонасыщении, не менее:	0,95	0,95	0,9

Водонасыщение асфальтобетона тип А, должно соответствовать в процентах по объему, указанному в таблице 21, а пористость минеральной части асфальтобетона тип А – в таблице 22.

Показателем трещиностойкости асфальтобетона является прочность асфальтобетона на одноосное сжатие при температуре 0 °С, которая, в зависимости от марок асфальтобетона и дорожно-климатических зон работы покрытия, не должна превышать определенных значений (9-13 МПа).

Таблица 21 – Водонасыщение асфальтобетона тип А

Вид и тип асфальтобетона	Значение показателя для:	
	образцов, отформованных из смеси	вырубок и кернов готового покрытия, не более
Плотный, тип А	от 2,0 до 5,0	5,0

Таблица 22 – Пористость минеральной части асфальтобетона

Вид и тип асфальтобетона	Значение показателя, %, не более
Плотный типов: А и Б	19
Пористых	23

Таблица 23 – Физико-механические свойства пористых и высокопористых асфальтобетонов из горячих смесей

Наименование показателя	Значение показателя для асфальтобетонов марок	
	I	II
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа, не менее, для плотных асфальтобетонов типов А:		
	0,7	0,5
Водостойкость, не менее	0,7	0,6
Водонасыщение, % по объему, для пористых асфальтобетонов	до 10	до 10
Водостойкость плотных асфальтобетонов при длительном водонасыщении, не менее:	0,6	0,5

Показателем сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий является прочность асфальтобетонных образцов при одностороннем сжатии при температуре 50 °С. В зависимости от типа и марки асфальтобетона, а также дорожно-климатических зон эксплуатации покрытия эта прочность должна быть не меньше определенных значений (0,8 – 1,6 МПа).

Оценку сдвигоустойчивости асфальтобетона осуществляют (в соответствии с ГОСТ 9128) путем прямого испытания на сдвиг стандартных цилиндрических образцов при температуре 50 °С (таблица 24).

Таблица 24 – Оценка сдвигоустойчивости асфальтобетона тип А

Марка битума	Прочность при сдвиге, МПа, по типам смесей, не менее				
	А	Б	В	Г	Д
БНД 90/130	3,0	2,8	2,4	1,3	0,9

7.6.2 Требования к материалам

Щебень и гравий

Щебень из горных пород - неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью св. 5 мм, получаемый дроблением горных пород, гравия и валунов, попутно добываемых вскрышных и вмещающих пород или некондиционных отходов горных предприятий по переработке руд (черных, цветных и редких металлов металлургической промышленности) и неметаллических ископаемых других отраслей промышленности и последующим рассевом продуктов дробления.

Гравий из горных пород - сыпучий неорганический зернистый материал с зернами крупностью св. 5 мм, получаемый рассевом природных гравийно-песчаных смесей.

Для приготовления асфальтобетонных смесей применяют щебень из плотных горных пород, щебень из шлаков, которые по зерновому составу, прочности, содержанию пылевидных и глинистых частиц, содержанию глины в комках должны соответствовать требованиям ГОСТ 8267 и ГОСТ 3344. [14]

Кроме того, в асфальтобетонных смесях могут использоваться местные каменные материалы, отвечающие требованиям технической документации, согласованной в установленном порядке.

Полные остатки на контрольных ситах при севе щебня и гравия фракций от 5 (3) до 10 мм, св. 10 до 15 мм; св. 10 до 20 мм, св. 15 до 20 мм; св. 20 до 40 мм, св. 40 до 80 (70) мм и смесь фракций от 5 (3) до 20 мм должны соответствовать указанным в таблице 9, где d и D - наименьшие и наибольшие номинальные размеры зерен.

Таблица 25 – Фракционный состав щебня

Диаметр отверстий контрольных сит, мм	d	$0,5 (d + D)$	D	$1,25D$
Полные остатки на ситах, % по массе	От 90 до 100	От 30 до 60	До 10	До 0,5

Для щебня и гравия фракций от 5 (3) до 10 мм и смесей фракций от 5 (3) до 20 мм применяют дополнительно: нижние сита 2,5 мм (1,25) полный остаток на которых должен быть от 95 до 100 %.

Для щебня и гравия фракций от 5 (3) до 10 мм и смесей фракций от 5 (3) до 20 мм применяют дополнительно: нижние сита 2,5 мм (1,25); полный остаток на которых должен быть от 95 до 100 %.

По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготавливать щебень и гравий с полным остатком на сите $0,5 (d + D)$ от 30 до 80 % по массе.

Щебень из гравия должен содержать дробленые зерна в количестве не менее 80 % по массе. Допускается по согласованию изготовителя с потребителем выпуск щебня из гравия с содержанием дробленых зерен не менее 60 %.

Зерна щебня должны быть кубовидной или тетраэдральной формы. Щебень с зернами игольчатой и лещадной формы подвергается наибольшему дроблению при уплотнении.

Согласно п.5.15 ГОСТ 9128 содержание зерен такой формы в щебне и гравии, в процентах по массе, должно быть для смесей типов А и высокоплотных – не более 15.

Полные остатки на контрольных ситах при рассеивании и осевые характеристики щебня указаны в таблице 26.

Таблица 26 – Полные остаткн на контрольных снтах при расसेве щебня

Наименование испытания		Ед. изм.	Значения	
			фактическое	требуемое
Гранулометрический состав	– на сите 20 мм	%	2,4	0-30
	– на сите 15 мм		29,2	
	– на сите 10 мм		66,5	30-80
	– на сите 5 мм		95,8	90-100
	– на сите 2,5 мм		99,2	95-100
	– на сите 1,25 мм		99,8	
	– на сите 0,63 мм		100	
Влажность		%	3,0	Не нормируется
Насыпная плотность		кг/м ³	1470	Не нормируется
Пустотность		%	51,3	Не нормируется
Содержание пластинчатых (лещадных) и игловатых зерен		%	10,0	15,0
Содержание пылеватых и глинистых частиц		%	0,2	1,0
Содержание глины в комках		%	отсутствует	0,25

7.6.3 Песок

Природный песок – неорганический сыпучий материал с круиностью зерен до 5 мм, образовавшийся в результате естественного разрушения скальных гор-

ных пород и получаемый при разработке песчаных и песчано-гравийных месторождений без использования или с использованием специального обогащительного оборудования.

Дробленный песок – песок с крупностью зерен до 5 мм, изготавливаемый из скальных горных пород и гравия с использованием специального дробильно-размольного оборудования.

Песок из отсевов дробления – неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, получаемый из отсевов дробления горных пород при производстве щебня и из отходов обогащения руд черных и цветных металлов и неметаллических ископаемых и других отраслей промышленности.

Для приготовления асфальтобетонных смесей применяют пески природные и из отсевов дробления горных пород, отвечающие требованиям ГОСТ 8736 [15]. При этом марка по прочности песка из отсевов дробления горных пород и содержание глинистых частиц, определяемых методом набухания, для смесей и асфальтобетонов должны соответствовать ГОСТ 9128 [14].

Общее содержание пылеватых и глинистых частиц, а также зерен менее 0,16 мм в песке из отсевов дробления не нормируется.

Песок в зависимости от значений удельной эффективной активности естественных радионуклидов $A_{эфф}$ применяют:

- при $A_{эфф}$ св. 370 до 740 Бк/кг - для дорожного строительства в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки;
- при $A_{эфф}$ св. 740 до 1500 Бк/кг - в дорожном строительстве вне населенных пунктов [3].

Полные остатки на контрольных ситах при рассеве и основные характеристики щебня указаны в таблице 27.

Таблица 27– Полные остатки на контрольных ситах при расसेве песка

Наименование испытания		ед. изм.	Значения	
			фактическое	требуемое
Гранулометрический состав	– на сите 5 мм	%	3	0...5
	– на сите 2,5 мм		33,4	0...35
	– на сите 1,25 мм		48,9	5...50
	– на сите 0,63 мм		63,9	20...70
	– на сите 0,315 мм		74,3	35...80
	– на сите 0,16 мм		81,3	80...100
	– на сите 0,071 мм		86,9	
	– мельче 0,071 мм		100	
Модуль крупности		–	2,34	2,0 ... 3,0
Влажность		%	5,82	Не нормируется
Насыпная плотность		кг/м ³	1240	Не нормируется
Пустотность		%	52,6	Не нормируется
Содержание пылеватых и глинистых частиц		%	1,5	3,0
Содержание глины в комках		%	0,1	0,5
Содержание зерен размером 5...10 мм		%	2,0	15,0
свыше 10 мм			0,5	5,0

7.6.4 Минеральный порошок.

Порошок минеральный - материал, полученный при помоле горных пород или твердых отходов промышленного производства.

Порошок минеральный активированный - материал, полученный при помоле горных пород или твердых отходов промышленного производства с добавлением активирующих веществ, при помоле битуминозных пород, в том числе горючих сланцев.

Активирующие вещества - смесь поверхностно-активных веществ (ПАВ) или продуктов, содержащих ПАВ, с битумом, рационально подобранная применительно к химической природе сырья для производства минерального порошка.

Минеральный порошок должен быть рыхлым. Активированный минеральный порошок должен быть однородным по цвету и составу. Различие в содержании активирующей смеси в пробах порошка одной партии не должно превышать $\pm 0,15$ % от массы порошка.

Активированный минеральный порошок должен быть гидрофобным.

К порошкам, активированным смолами твердых топлив или их смесями с битумом, требования по гидрофобности не предъявляются.

Минеральный порошок, активированный смесью битума с железными солями высших карбоновых кислот, следует применять для производства теплого и холодного асфальтобетонных. Нефтяные дорожные вязкие битумы, применяемые для приготовления активирующих смесей, должны соответствовать требованиям ГОСТ 22245-90[21].

Для внутризаводского транспортирования минерального порошка необходимо использовать средства пневматического транспорта, а также закрытые кожухами транспортеры, конвейеры, шнеки.

Минеральный порошок должен храниться в бункерах или силосных банках, а порошок, упакованный в бумажные мешки, - в закрытых складах [4].

Минеральный порошок должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 28.

Таблица 28 – Требования к минеральному порошку (ГОСТ 16557-78)

Наименований показателей	Нормы для порошка	
	активированного	не активированного
Зерновой состав, % по массе, не менее:		
мельче 1,25 мм	100	100
» 0,315 мм	95	90
» 0,071 мм	80	70
Пористость, % по объему, не более	30	35
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, % по объему, не более:		
при содержании глинистых примесей в порошке не более 5 % (полупуторных окислов $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ не более 1,7 % по массе)	1,5	2,5
при содержании глинистых примесей в порошке не более 15 % (полупуторных окислов $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ не более 5 % по массе)	2,5	—
Показатель битумоемкости, г, не более:		
при содержании глинистых примесей в порошке не более 5 % (полупуторных окислов $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ не более 1,7 % по массе)	50	65
при содержании глинистых примесей в порошке не более 15 % (полупуторных окислов $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ не более 5 % по массе)	65	—
Влажность, % по массе, не более	0,5	1,0

7.6.5 Битум

Для приготовления горячих асфальтобетонных смесей применяют битумы нефтяные дорожные: вязкие марок БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 130/200, БНД 200/300, БН 60/90, БН 90/130, БН 130/200, БН 200/300, отвечающие требованиям ГОСТ 22245; жидкие марок СГ 130/200, МГ 130/200, МГО 130/200,

отвечающие требованиям ГОСТ 11955; [18]. а также модифицированные битумы по технической документации, согласованной в установленном порядке, в частности битумно-резинное композиционное вяжущее [5].

7.7 Результаты исследования

7.7.1 Состав и свойства асфальтобетонных смесей на битумно-резинном композиционном вяжущем

По зерновому составу горячие уплотняемые асфальтобетонные смеси должны удовлетворять требованиям ГОСТ 9128-84. При введении резины в битум ее зерновой состав не учитывается.

На свойства асфальтобетона с дробленой резиной в значительной мере влияет количество введенного битума, которое не должно быть ниже оптимального. Недостаток битума ухудшает уплотняемость смесей, а также снижает коррозионную стойкость асфальтобетона.

Количество резинового порошка определяется в % отношении к минеральной части асфальтобетонной смеси по результатам лабораторной оптимизации, в зависимости от реальных условий применения: требований к асфальтобетонному покрытию, состава асфальтобетонной смеси, используемого оборудования, качества сырья, климатических условиям и т.п.

Резиновый порошок не требует подогрева или специальной подготовки перед вводом его в битумный котел. Оптимальное содержание резинового порошка в асфальтобетонах тип А составляет 0,8-1,8%.

Во всех случаях при введении дробленой резины в асфальтобетонную смесь следует учитывать, что частицы резины способны впитывать часть компонентов битума, повышая его вязкость. Поэтому при проектировании состава смеси выбор марки и расход битума основывают на результатах лабораторного определения оптимального содержания и крупности частиц РК в смеси.

Применение асфальтобетонных смесей с добавками дробленой резины является наиболее эффективным способом повышения качества асфальтобетонов по

сравнению с использованием добавок синтетических полимеров и каучуков, стоимость которых, как правило, значительно выше стоимости дробленой резины.

Фракционный состав зерновой смеси приведен в таблице 29.

Таблица 29 – Фракционный состав зерновой смеси

Наименование материалов	Содержание, %	Содержание зерен мельче данного размера, (мм), в % по массе										
		40	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Щебень фр. 5-20	55,4	55,4	54,1	39,2	18,6	2,3	0,5	0,1	-	-	-	-
Песок отсева дробления	44,6	44,6	44,6	44,6	44,6	43,3	29,7	22,8	16,5	11,7	8,5	5,8
ИТОГО:	100	100	98,7	83,8	63,2	45,6	30,2	22,9	16,5	11,7	8,5	5,8
Требования ГОСТ		100	90-100	75-100	62-100	40-50	28-38	20-28	14-20	10-16	6-12	4-10

Состав асфальтобетонной смеси плотной типа А, на битумно-резинном вяжущем приведен в таблице 30.

Таблица 30 – Состав асфальтобетонной смеси на битумно-резинном вяжущем

№ п/п	Наименование материалов	Содержание, %	Состав смеси (битум сверх 100%)	Состав смеси (битум в 100%)	Дозировка на замес 1000 кг
1	Щебень фр. 5-20	55,4	55,4	53,0	530
2	Песок отсева дробления	43,8	43,8	41,94	419,4

Окончание таблицы 30

№ п/п	Наименование материалов	Содержание, %	Состав смеси (битум сверх 100%)	Состав смеси (битум в 100%)	Дозировка на замес 1000 кг
3	Резиновый порошок	0,8	0,8	0,76	7,6
4	Битум БНД 90/130	4,5	4,5	4,3	43

7.7.2 Состав и свойства горячей высокопористой крупнозернистой асфальтобетонной смеси

Таблица 31 – Применяемые минеральные материалы

Наименование	Нстинная плотность г/см ³	Зерновой состав (мельче указанного размера, мм) в % по массе										
		40	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Щебень фр. св. 20 до 40 мм	2,79	95,8	9,7	8,2	6,5	2,9	2,6	2,2	1,9	1,4	1,0	0,2
Щебень фр. св. 5 до 20 мм	2,79	100	91	53,7	23,9	1,3	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
Песок из отсевов дробления	2,79	100	100	100	100	97,8	63,4	49,1	33,9	23,4	15,0	7,1

Таблица 32 – Зерновой состав смеси

Наименование материала	Содержание, %	Зерновой состав (мельче указанного размера, мм) в % по массе										
		40	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Щебень фр. св. 20 до 40 мм	43,6	41,8	4,2	3,6	2,8	1,3	1,1	1,0	0,8	0,6	0,4	0,1

Окончание таблицы 32

Наименование материала	Содержание, %	Зерновой состав (мельче указанного размера, мм) в % по массе										
		40	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Щебень фр. св. 5 до 20 мм	41,4	41,4	37,7	22,2	9,9	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0
Песок из отсевов дробления	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	14,6	9,5	7,4	5,1	3,5	2,3	1,1
ИТОГО:	100	98,2	56,9	40,8	27,7	16,4	11,0	8,7	6,1	4,3	2,8	1,2
Требования ГОСТ 9128-2009	min	90	55	35	22	15	10	5	3	2	1	1
	max	100	75	64	52	40	28	16	10	8	5	4

Состав минеральной части на выходе: щебень – 83,6%; песок – 15,2%; менее 0,071 – 1,2%

Таблица 33 – Состав смеси

Наименование материала	Состав смеси		Дозировка на замес 1000 кг
	(битум сверх 100%)	(битум в 100%)	
Щебень фр. св. 20 до 40 мм	43,6	42,5	425
Щебень фр. св. 5 до 20 мм	41,4	40,5	405
Песок из отсевов дробления	15,0	14,6	146
Битум БНД 90/130 по ГОСТ 22245-90	2,5	2,4	24
	102,5	100	1000

Таблица 34 – Физико-механические свойства смеси

№ п/п	Показатели	Требования ГОСТ 9128-2009 для горячей смеси	Фактические показатели
1	Средняя плотность, г/см ³	Не нормируется	2,38

Окончанпе таблицы 34

№ п/п	Показатели	Требования ГОСТ 9128-2009 для горячей смеси	Фактические показатели
2	Пористость мннеральной части, %	Не менее 19	19
3	Остаточная пористость, %	Св. 10	17
4	Водонасыщение, % по объему	Св. 10,0 до 18,0	11,0
5	Предел прочности при сжатии, МПа при T = 50 °С	Не менее 0,7	1,7
6	Сцепления вяжущего с мннеральной частью смеси	Должны выдерживать 75 %	Выдерживает 75%

Примечанне:

Щебень фр. св. 20 до 40 мм и фр. св. 5 до 20 мм гранодиортовый, Новосмолинский к-р, по ГОСТ 8267-93; песок из отсевов дробления гранодиоритовый, Новосмолинский к-р, по ГОСТ 31424-2010; битум БНД 90/130, АНК «Башнефть-Уфанефтехим», по ГОСТ 22245-90.

7.7.3 Состав и свойства горячей плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси

Таблица 35 – Применяемые мннеральные материалы

Наименование материала	Нстнная плотность г/см ³	Зерновой состав (остатки на сите с отверстием, мм) в % по массе										
		20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	<0,071
Щебень фр. св. 5 до 20 мм	2,79	2,2	22,4	35,1	33,4	4,5	2,4					
Щебень фр. св. 3 до 10 мм	2,79			1,0	79,6	19,2	0,2					
Песок нз отсевов дробления	2,81			0,8	7,7	17,3	16,4	19,9	9,7	10,1	8,5	9,6
Порошок мннеральный КМ-160	2,67								0,6	11,8	13,2	74,4

Таблица 36 – Зерновой состав смеси

Наименование материала	Содержание, %	Зерновой состав (мельче указанного размера, мм) в % по массе									
		20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Щебень фр. св. 5 до 20 мм	40	39,1	30,2	16,1	2,8	1,0					
Щебень фр. св. 3 до 10 мм	10	10,0	10,0	9,9	1,9						
Песок из отсевов дробления	44	44,0	44,0	43,6	40,3	32,6	25,4	16,7	12,4	8,0	4,2
Порошок минеральный КМ-160	6	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	5,3	4,5
ИТОГО:	100	99,1	90,2	75,6	51,0	39,6	31,4	22,7	18,4	13,3	8,7
Требования	min	90	80	70	50	38	28	20	14	10	6
ГОСТ 9128-2009	max	100	100	100	60	48	37	28	22	16	12

Состав минеральной части на выходе: щебень – 49%; песок – 42,3%; менее 0,071 – 8,7%

Таблица 37 – Состав смеси

Наименование материала	Состав смеси (битум сверх 100%)	Состав смеси (битум 100%)	Дозировка на замес 1000 кг
Щебень фр. 5-20	40	37,7	377
Щебень фр. 3-10	10	9,4	94
Песок из отсевов дробления	44	41,5	415
Минеральный порошок	6	5,7	57
Битум БНД 90/130 по ГОСТ 22245-90 + «Амдор-9» 0,2% по ТУ-0257-003-35475596-96 с изм. 1, 2, 3, 4, 5, 6	6	5,7	57
	106	100	1000

Таблица 38 – Физико-механические свойства смеси

№ п/п	Показатели	Требования ГОСТ 9128-2009 для горячей плотной смеси типа Б марки I	Фактические показатели
1	Средняя плотность, г/см ³	Не нормируется	2,43
2	Пористость минеральной части, %	Св. 14 до 19	17,6
3	Остаточная пористость, %	Св. 2,5 до 5,0	3,6
4	Водонасыщенность, % по объему	Св. 1,5 до 4,0	2,7
5	Предел прочности при сжатии, МПа при T = 20 °C	Не менее 2,5	3,2
6	Предел прочности при сжатии, МПа при T = 50 °C	Не менее 1,2	1,4
7	Предел прочности при сжатии, МПа Не более T = 0 °C	Не более 11,0	10,0
8	Коэффициент водостойкости, не менее	Не менее 0,90	0,92
9	Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении, не менее	Не менее 0,85	0,86
10	Сдвигоустойчивость - по коэффициенту внутреннего трения - по сцеплению при сдвиге при T=50 °C	Не менее 0,81 Не менее 0,37	0,91 0,49
11	Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при T=0° C, МПа	Не менее 3,5 Не более 6,0	4,5
12	Сцепления вяжущего с минеральной частью смеси	Должны выдерживать 75 %	Выдерживает 75%

Примечание:

Щебень фр. св. 5 до 20 мм и фр. св. 3 до 10 мм гранодиоритовый, Новосмолинский к-р, по ГОСТ 8267-93; песок из отсевов дробления гранодиоритовый, Новосмолинский к-р, по ГОСТ 31424-2010; порошок минеральный КМ-160, ООО «Коелга-Мрамор» Челябинская об-

ласть, по ГОСТ Р 52129-2003; битум БНД 90/130, АНК «Башнефть-Уфанефтехим», по ГОСТ 22245-90; адгезионная присадка «Амдор-9», ООО Уралхимпласт – Амдор, г. Нижний Тагил, по ТУ-0257-003-35475596-96 с изм. 1, 2, 3, 4, 5, 6.

7.7.4 Сравнение физико-механических свойств плотной, пористой асфальтобетонных смесей на обычном битуме и на битумно-резинном вяжущем

Таблица 39 – Сравнительные характеристики асфальтобетонных смесей на различных вяжущих

Наименование показателей	Требования ГОСТ 9128-97	Фактические показатели		
		АБС плотная на БНД 90/130	АБС на БНД 90/130 с добавлением резинового порошка	АБС пористая на БНД 90/130
Средняя плотность уплотненного материала, г/см ³	Не нормируется	2,43	2,55	2,38
Пористость минерального остова, % по массе	Не более 19	17,6	12,5	19
Остаточная пористость, % по объему	2,5 – 5,0	3,6	2,5	17
Водонасыщение, % по объему	1,5 – 4,0	2,7	1,8	11
Предел прочности при сжатии, МПа при T = 20 °С	Не менее 2,5	3,2	4,8	4,7
Предел прочности при сжатии, МПа при T = 50 °С	Не менее 1,0	1,4	1,7	1,7
Предел прочности при сжатии, МПа при T = 0 °С	Не более 11	10	8,9	8,0

Окончание таблицы 39

Наименование показателей	Требования ГОСТ 9128-97	Фактические показатели		
		АБС плотная на БНД 90/130	АБС на БНД 90/130 с добавлением резинового порошка	АБС пористая на БНД 90/130
Сдвигоустойчивость – по коэффициенту внутреннего трения	Не менее 0,87	0,91	0,96	0,9
Сдвигоустойчивость – по сцеплению при сдвиге при T = 50 °С, МПа	Не менее 0,25	0,49	0,41	0,4

7.7.5 Особенности приготовления асфальтобетонных смесей на битумно-резновом композиционном вяжущем.

Технологические особенности приготовления и применения асфальтобетонных смесей с различными модифицирующими добавками следующие:

Приготовление асфальтобетонных смесей с модифицирующими добавками, как правило, требует установки дополнительных дозирующих устройств для введения добавок в стандартные битумные котлы или применения специально изготовленного оборудования.

Выдерживание смесей с добавлением дробленой резины в накопительном бункере существенно повышает их качество, однако необходимо контролировать температурный режим хранения во избежание налипания вяжущего на нагревательные элементы и стенки технологического оборудования (котлы, трубопроводы и пр.).

7.7.6 Преимущества асфальтобетонов на битумно-резновом вяжущем.

Установлено, что использование в уплотняемом горячем асфальтобетоне дробленой резины приводит к повышению долговечности покрытий в условиях

изменяющегося температурно-влажностного режима, улучшает фрикционные свойства покрытий; это позволяет в ряде случаев уменьшить расход высокопрочного трудношлифуемого щебня.

Улучшить условия работы дорожных одежд можно, устраивая конструктивные слои из асфальтобетонных смесей, содержащих дробленую резину. В этом случае снижаются динамические воздействия на нижележащие слои и уменьшается возможность копировать трещины и другие дефекты перекрываемых слоев.

Асфальтобетонные смеси, приготовляемые с введением добавок дробленой резины, позволяют получить асфальтобетоны с повышенной трещиностойкостью при пониженных эксплуатационных температурах и повышенной сдвигоустойчивостью при высоких эксплуатационных температурах. Резина представляет собой каучук, содержащий ряд наполнителей, повышающих эксплуатационную долговечность материала.

Резиновая крошка в составе вяжущего в асфальтобетонах выполняет функцию полимерного дисперсно-эластичного армирования, что повышает их устойчивость к усталостным нагрузкам, возникающих при движении транспортных средств, и, соответственно, реальную долговечность в 5-10 раз по сравнению с традиционными.

Важной особенностью резиновой крошки, особенно шинной, является присутствие в ее составе специальных химических веществ, таких как антиоксиданты и антистарители, которые дифундируют в объем вяжущего, дополнительно стабилизируя его структуру и улучшая тем самым адгезионные свойства и устойчивость к старению полученной композиции.

Асфальтобетоны на вяжущем сочетают высокую прочность и сопротивление к сдвиговым деформациям при высоких эксплуатационных температурах, что резко снижает колееобразование в покрытиях.

Частицы резиновой крошки в структуре асфальтобетона служат центрами торможения и остановки распространения всех видов трещин, поэтому такие асфальтобетоны имеют высокую устойчивость к трещинообразованию при низких температурах.

Благодаря уникальным адгезионным и защитным свойствам вяжущего, асфальтобетоны отличаются высокой стойкостью к воде, техногенным и климатическим воздействиям, в том числе к современным противогололедным реагентам.

Вяжущее придает асфальтобетонным покрытиям уменьшение светоотражающих свойств, высокую степень сцепления с колесами автомобиля, что способствует уменьшению тормозного пути и повышению безопасности движения.

По сравнению с использованием дорогостоящих модификаторов на основе синтетических каучуков и эластомеров типа СБС, резиновая крошка является значительно более дешевым продуктом, что также делает новую технологию одним из наиболее экономичных способов модификации дорожных битумов.

Вязкость такой дисперсной системы при повышенных температурах естественно возрастает, так как поперечные химические связи уменьшают взаимную подвижность частиц, что, кстати, происходит и в случае добавок в битум полимеров. Однако достаточная для практических целей текучесть расплавленного вяжущего сохраняется.

Технология выгодно отличается от известных способов модификации битумов резиновой крошкой или синтетическими каучуками тем, что не требует предварительной обработки частиц резины специальными пластификаторами, не требует специального оборудования для интенсивного перемешивания с большим усилием сдвига, позволяет снизить энергозатраты на заключительном этапе модификации, поскольку процесс продолжается и заканчивается при подготовке вяжущего.

Это существенно упрощает технологический процесс получения битумно-резиновых вяжущих и повышает экономическую эффективность их применения.

Какого-либо переобучения персонала не требуется, поскольку технология проста в исполнении и ее приемы не отличаются от обычно применяемых на асфальтобетонном заводе [12].

7.7.7 Преимущества высококористых асфальтобетонов в сравнении с плотными

Покрытие из плотного асфальтобетона получило наибольшую популярность в индустрии дорожного строительства. Покрытие из плотного асфальтобетона при изгибе совместно с основанием из пористого асфальтобетона выполняет роль монолитной плиты. Для устройства таких оснований обычно применяют стандартный плотный или пористый асфальтобетон с остаточной пористостью 2,5-4,5 и 1,5-10 %.

Главным недостатком таких конструкций является относительно большой расход битума для смесей, применяемых в слоях оснований. В результате многочисленных исследований было предложено уменьшить на 40-150 % содержание битума в асфальтобетонных смесях. Это привело к получению асфальтобетона с пористостью более 10 %. Его назвали высокопористым.

Снижение расхода битума в асфальтобетонных смесях с обеспечением необходимого качества оснований достигается за счет:

- рационального подбора зернового состава минеральной части с целью обеспечения определенной плотности минерального остова и каркасности монолита. Подбор зернового состава выполняют по кривой кубической параболы и прерывистой гранулометрии;

- обязательного содержания минерального порошка (наиболее целесообразно высококачественного) для повышения когезии битума (и соответственно прочности), улучшения сцепления битума с поверхностью минеральных зерен и частичного заполнения межзерновых пор;

- уменьшения суммарной удельной поверхности минеральной части за счет увеличения содержания щебня (гравия), что позволяет снизить расход битума на обволакивание зерен, обеспечить водостойкость за счет более толстых пленок битума на минеральных зернах.

Морозостойкость (по количеству циклов замораживания и оттаивания) вполне достаточна не только для слоя основания, но и для покрытия. Деформативность (по растяжению при изгибе) асфальтобетона понижается по мере уменьшения содержания в нем битума. Однако это компенсируется обязательным введением в смеси минерального порошка, что увеличивает деформативность.

Испытания на усталость показали, что под воздействием повторных нагрузок высокопористый асфальтобетон имеет малую прочность при растяжении. Поэтому его применение допустимо лишь в конструкциях, где общая толщина асфальтобетонных слоев (вместе с покрытием) не менее 20 см.

На основании лабораторных исследований и опытного строительства установлены требования к высокопористому асфальтобетону с уменьшенным содержанием битума. Зерновой состав минеральной части высокопористого асфальтобетона должен соответствовать следующим требованиям.

К технологическим особенностям высокопористой асфальтобетонной смеси относится необходимость большего времени перемешивания по сравнению со стандартом на 10-30 с и некоторая трудность с дозированием битума в количестве 2,5-3 %. Положительным свойством горячих асфальтобетонных смесей с уменьшенным содержанием битума является их удобнoобработываемость. Распределять смесь можно не только асфальтоукладчиками всех типов, но также автогрейдерами и щебнераспределителями. Уплотнение наиболее эффективно звеном катков на пневматических шинах и гладковальцовых в соотношении 1:2 при укладке 650-700 т смеси в смену. Толщина слоев, устраиваемых за один рабочий проход, при применении крупно- и мелкозернистых смесей может быть до 30 см, песчаных до 12-14 см.

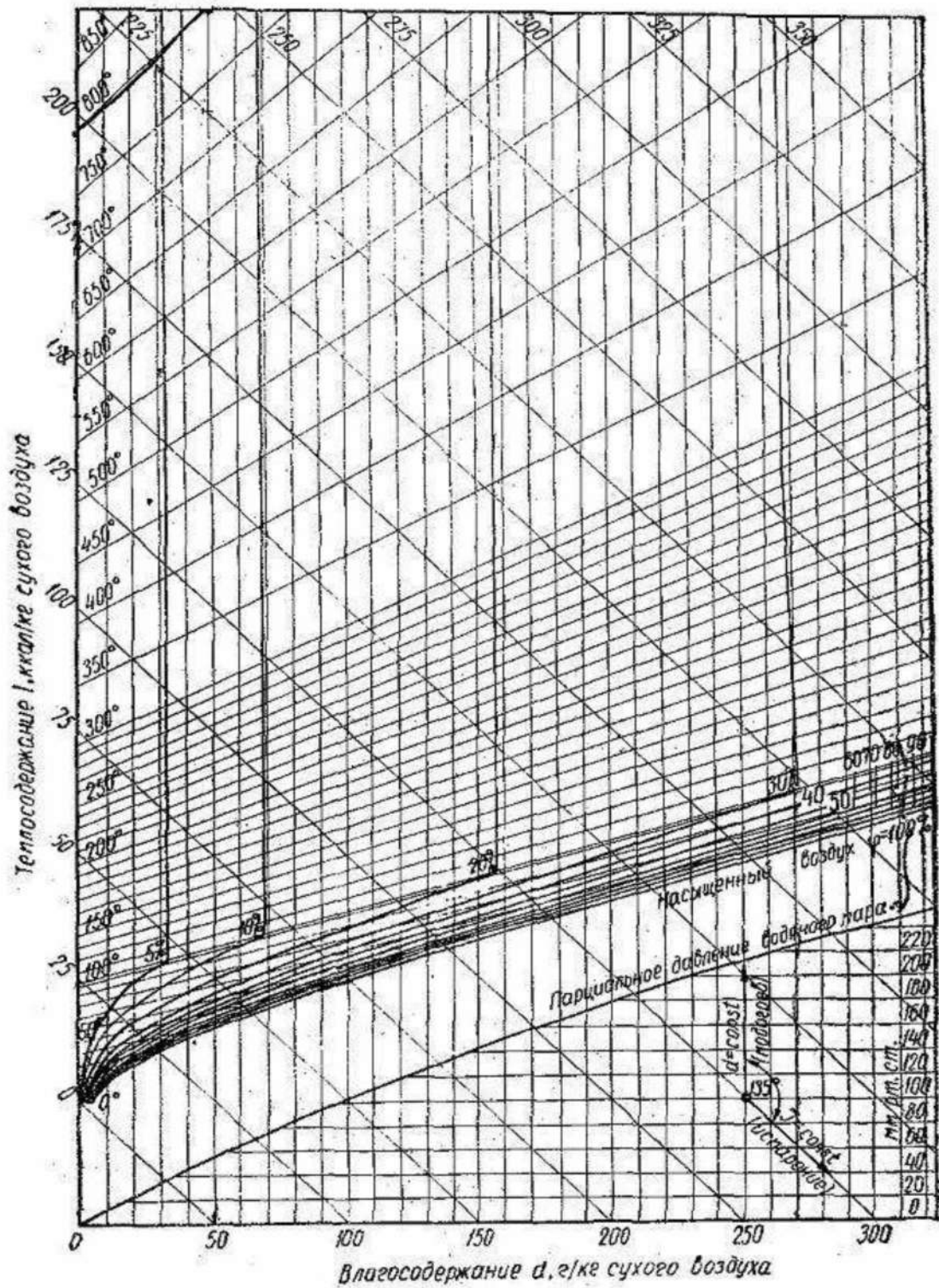
Высокопористый асфальтобетон рекомендуется для устройства оснований под асфальтобетонные покрытия на дорогах I и II категорий и как основной несущий слой на дорогах III категории с поверхностной обработкой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 9128 - 97 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 15 с.
2. ГОСТ 8267 - 93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 13 с.
3. ГОСТ 8736 - 93 Песок для строительных работ. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 5 с.
4. ГОСТ 16557 - 78 Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 8 с.
5. ГОСТ 22245 - 90 Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 25 с.
6. Цуииков, С.Г. Справочник дорожного мастера / С.Г. Цуииков. – М.: Инфра-Инженерия, 2005. – 925 с.
7. Пособие по охране труда дорожному мастеру. Отраслевой дорожный методический документ. М.: Изд-во стандартов, 2003. – 182 с.
8. Пособие по охране окружающей среды при производстве дорожно-строительных материалов. Отраслевой дорожный методический документ. М.: Изд-во стандартов, 2004. – 95 с.
9. ТР 103-07 Технические рекомендации по устройству дорожных конструкций с применением асфальтобетона. М.: Изд-во стандартов, 2007. – 88 с.
10. Методические рекомендации по строительству асфальтобетонных покрытий с применением дробленой резины. М.: Изд-во стандартов, 1995. – 42 с.
11. Левченко, П.В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности. – 2-е изд., перераб и доп. / П.В. Левченко – М.: Альянс, 2007. – 366 с.
12. Рекомендации по применению битумно-резинных композиционных вяжущих материалов для строительства и ремонта автомобильных дорог. Отраслевой дорожный методический документ. М.: Изд-во стандартов, 2003. – 21 с.
13. <http://www.chelpogoda.ru/pages/490.php> Климат Челябинской области
14. <http://docs.cntd.ru/document/1200108509> – -ГОСТ 9128.

15. <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/7299/> – ГОСТ 8267 и ГОСТ 3344.
16. <http://www.vashdom.ru/gost/8736-93/> – ГОСТ 8736.
17. http://www.nge.ru/g_22245-90.htm – ГОСТ 22245–90.
18. <http://www.ador.ru/data/files/docs/bitrek-06.pdf> – ТУ 38.108035-97
19. <http://docs.cntd.ru/document/gost-30108-94> – ГОСТ 30108
20. http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ// – СНиП III-4-80

ПРИЛОЖЕНИЕ А



$I-d$ -диаграмма влажного воздуха (до 800°) при 745 мм рт. ст.