

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
институт
Строительные материалы и технологии строительства
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
И.Г. Енджиевская
_____ инициалы, фамилия
подпись
« _____ » _____ 2020г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

В виде научной работы

08.03.01 «Строительство»
код-наименование направления

Асфальтобетон с применением порошковых отходов промышленности

Руководитель _____ к.т.н., доцент, Г.В. Васильевская
подпись, дата должность, ученая степень, инициалы, фамилия

Выпускник _____ А.В. Внучко
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2020

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
институт
Строительные материалы и технологии строительства
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
И.Г. Енджиевская
_____ инициалы, фамилия
подпись
« _____ » _____ 2020г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Внучко Алексею Викторовичу

фамилия, имя, отчество

Группа СБ16-41Б Направление (профиль) 08.03.01

(номер)

(код)

«Строительство» - профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Асфальтобетон с применением порошковых отходов промышленности

Утверждена приказом по университету №7630/с от 10.06.2020

Руководитель ВКР Г.В. Василевская, к.т.н., доцент кафедры СМиТС ИСИ СФУ
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные ВКР бакалавра Исследовать возможность применения пыли-уноса в качестве минерального порошка в асфальтобетоне.

Перечень разделов ВКР бакалавра Состояние вопроса, экспериментальная часть, технология производства, общие выводы.

Перечень графического материала Экспериментальная часть – 4 листа, технология производства – 1 лист.

Руководитель ВКР

подпись

Г.В. Василевская
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

А.В. Внучко
инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2020г.

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа по теме «Асфальтобетон с применением порошковых отходов промышленности» включает пояснительную записку, содержащую 60 страниц текста, 5 листов графического материала формата А2, 26 использованных источников.

АСФАЛЬТОБЕТОН, ЩЕБЕНЬ, ПЕСОК, БИТУМ, МИНЕРАЛЬНЫЙ ПОРОШОК, ПЫЛЬ-УНОСА, ИЗВЕСТНЯКОВАЯ МУКА, ТЕХНОЛОГИЯ.

Исследовался мелкозернистый дорожный, горячий плотный асфальтобетон.

Целью работы является исследование возможности применения пыли-уноса в качестве минерального порошка в асфальтобетоне.

Были определены основные свойства исходных материалов: щебня, песка, минерального порошка и битума. Установлено, что пыль-уноса по свойствам отвечает требованиям ГОСТ. Для сравнения свойств был рассчитан и приготовлен состав асфальтобетона на стандартном известняковом минеральном порошке. Были изучены свойства асфальтобетона на известняковой муке и пыли-уноса. Установлено, что свойства асфальтобетона на пыли-уноса не значительно хуже, чем на известняковом порошке и соответствует требованиям ГОСТ. Приводиться заводская технологическая схема получения асфальтобетона с применением пыли-уноса. Проведен расчет экономической эффективности применения пыли-уноса в составах дорожного асфальтобетона, который показал, что стоимость 1 тонн асфальтобетона на пыли-уноса меньше на 300 рублей по сравнению с асфальтобетоном на известняковом порошке.

В результате проведенной работы был подобран состав асфальтобетона на пыли-уносе и выбрана рекомендуемая технология производства.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. Состояние вопроса	9
1.1. Асфальтобетон.....	9
1.2. Применение порошковых отходов промышленности в качестве минерального порошка в асфальтобетоне	12
1.3. Требования к материалам для приготовления асфальтобетона.....	14
2. Экспериментальная часть.....	19
2.1. Характеристика методик исследований.....	19
2.2. Характеристика исходных материалов	19
2.2.1 Характеристика щебня	19
2.2.2 Характеристика песка	21
2.2.4 Характеристика пыли-уноса	23
2.2.5 Характеристика битума.....	24
2.2.6. Характеристика известняковой муки завода ХМЗ.....	25
2.3. Требования к материалам	27
2.3.1. Требования, предъявляемые к асфальтобетону.....	27
2.3.2. Требования к щебню	30
2.3.3. Требования к песку.....	31
2.3.4. Требования к битуму.....	32
2.3.5. Требования к минеральному порошку	33
2.4. Расчет состава асфальтобетона.....	35
2.5. Приготовление асфальтобетона в лабораторных условиях	39

2.6. Сравнение полученных свойств асфальтобетона на известняковой муке и пыле-уносе	40
3. Технологическая часть.....	43
3.1. Заводская технология производства асфальтобетона	43
4. Экология окружающей среды	46
5. Экономическая часть	49
6. Охрана труда и окружающей среды	51
6.1. Метеорологические условия.....	51
6.2. Освещение	52
6.3. Основные вредности	53
6.4. Вибрация.....	54
6.5. Электробезопасность	57
6.6. Взрывопожаробезопасность	58
Выводы	59
Список используемой литературы	60

ВВЕДЕНИЕ

Асфальтобетон — искусственный строительный материал, полученный в результате смешения и уплотнения, подобранной в необходимых соотношениях и специально приготовленной смеси (асфальтобетонной смеси (АБС)) минерального материала (щебня, песка, минерального порошка) и битума.

Асфальтобетон используется по всей России в очень больших количествах, применение порошкообразных отходов в его производстве, позволит удешевить его производство без потери его качества.

В Российской Федерации — требования к асфальтобетону и асфальтобетонной смеси изложены в ГОСТ [1].

Смесь асфальтобетонная состоит из оптимально подобранных:

- минеральных материалов: щебня (либо гравия), песка (природного или дроблёного) с тонкодисперсным минеральным порошком (либо без него);
- органического вяжущего материала — битума (раньше также использовался дёготь, но был запрещён к применению в черте города, а позже и вовсе исключён из производства).

Составляющие асфальтобетонной смеси перемешиваются в нагретом состоянии. Обычно асфальтобетон применяется для строительства покрытий автомобильных дорог и аэродромов или для устройства полов в промышленных зданиях.

В настоящее время проблема ликвидации отходов производства, особенно для крупных городов Российской Федерации очень актуальна. Данная проблема не может быть решена без широкого применения местных отходов производства. Использование минеральных материалов техногенного происхождения обеспечивает производство дешевым и часто уже подготовленным сырьем, приводит к экономии энергоресурсов. Единственным правильным решением данной проблемы является утилизация отходов

производства путем его вторичного использования в строительстве. Например, замена минеральному порошку в асфальтобетоне.

Минеральный порошок является важнейшим структурообразующим компонентом асфальтобетона. На его долю приходится 90–95 % суммарной поверхности минеральных зерен, входящих в состав асфальтобетона. Главное назначение минерального порошка состоит в том, чтобы переводить объемный битум в плёночное состояние. Так повышается вязкость и прочность битума. Вместе с битумом минеральный порошок образует структурированную дисперсную систему, которая выполняет функцию вяжущего материала в асфальтобетоне. Ещё одно назначение минерального порошка – заполнение мелких пор между более крупными частицами.

Таким образом, присутствие необходимого количества минерального порошка способствует повышению плотности минерального остова, а так же повышению плотности асфальтобетона. В этом смысле недостаточное количество минерального порошка связано с необходимостью увеличения количества битума для заполнения пор. Лучшими свойствами обладают порошки, полученные путем тонкого измельчения карбонатных горных пород. Однако в Красноярском крае и в городе Красноярск отсутствует производство минеральных порошков. Поэтому минеральный порошок является дефицитным компонентом асфальтобетона. С целью расширения сырьевой базы изучались порошкообразные отходы промышленности заводов города Красноярска.

Цель дипломной работы заключается в том, чтобы исследовать возможность применения пыли-уноса Красноярского завода ООО «Цемент» в качестве минерального порошка в асфальтобетоне.

1. Состояние вопроса

1.1. Асфальтобетон

В настоящее время наблюдается непрерывный рост цен на сырьевые и энергетические ресурсы, что приводит к повышению стоимости производства новых строительных материалов. Поэтому актуальной задачей является замена традиционного дорогостоящего сырья на более дешевое, распространенное в данном регионе, или на отходы промышленности. Многие отходы по своему составу и свойствам близки к природному сырью, из них можно получить новые качественные строительные материалы. Сегодня использование промышленных отходов для потребностей строительной индустрии составляет меньше 20% ежегодного объема их образования.

Очень важную роль асфальтобетон занимает в строительстве дорожных покрытий любых типов, следовательно затраты на его производство очень значительные, а так же не достаток порошковых компонентов приводит к увеличению расхода битума. Значительное количество отходов промышленности могут помочь в решение этого вопроса, который еще не до конца решен. Поэтому следует заняться этим вопросом и исследовать свойства порошковых отходов промышленности для улучшения качества асфальтобетонов и уменьшения затрат на его производство.

Гранулометрический состав асфальтобетонной смеси определяет содержание пор в минеральной части асфальтобетона, которое в свою очередь определяет количество битума в смеси и взаимосвязано с остаточной пористостью. Оптимальная остаточная пористость взаимосвязана с вязкостью связующего вещества и комплексом эксплуатационных факторов – транспортных, атмосферных, климатических.

Согласно ГОСТ [1], АБС и асфальтобетоны в зависимости от вида минеральной составляющей (каменного материала) разделяются на:

- щебёночные;

- гравийные;
- песчаные.

Асфальтобетонные смеси в зависимости от используемого битума и температуры при укладке подразделяют на:

- горячие (вязкие и жидкие нефтяные дорожные битумы), укладываются с температурой не менее 120 °С;
- холодные (жидкие нефтяные дорожные битумы), укладываются с температурой не менее 5 °С.

Асфальтобетонные смеси и асфальтобетон в зависимости от наибольшего размера минеральных зёрен (щебень, гравий, песок) делят на:

- крупнозернистые (размер зёрен до 40 мм);
- мелкозернистые (размер зёрен до 20 мм);
- песчаные (размер зёрен до 10 мм).

Смеси холодные делятся на мелкозернистые и песчаные.

Асфальтобетоны из горячих смесей по величине остаточной пористости (выраженному в процентах к объёму количеству пор в покрытии после уплотнения) делятся на следующие виды:

- высокоплотные (остаточная пористость от 1,0 до 2,5 %);
- плотные (остаточная пористость от 2,5 до 5,0 %);
- пористые (остаточная пористость от 5,0 до 10,0 %);
- высокопористые (остаточная пористость свыше 10,0%).

Покрытия из холодных смесей должны иметь остаточную пористость от 6,0 до 10,0 %.

Горячие смеси, щебёночные и гравийные, и плотные асфальтобетоны по содержанию в них щебня (гравия) делятся на типы:

- **А** (содержание щебня (гравия) от 50 до 60 %);
- **Б** (содержание щебня (гравия) от 40 до 50 %);
- **В** (содержание щебня (гравия) от 30 до 40 %).

Холодные щебёночные и гравийные смеси и соответствующие асфальтобетоны по содержанию щебня (гравия) делятся на типы **Бх** и **Вх**.

Смеси песчаные, горячие и холодные, и соответствующие асфальтобетоны по виду песка делятся на следующие типы:

- Г и Гх — приготовленные на песках из отсевов дробления (остаточный материал, получаемый в результате дробления и фракционирования горных пород) или на их смесях с природным песком при содержании последнего не более 30 % по массе;
- Д и Дх — приготовленные на природных песках или смесях природных песков с отсевами дробления при содержании последних менее 70 % по массе.

В зависимости от применяемых материалов и физико-механических показателей асфальтобетонные смеси и асфальтобетоны подразделяются на следующие марки:

- горячие высокоплотные — МІ;
- плотные типов:
 - А — МІ, МІІ; МІІІ;
 - Б, Г — МІ, МІІ, МІІІ;
 - В, Д — МІІ, МІІІ;
- пористые — МІ, МІІ;
- высокопористые щебёночные — МІ, МІІ;
- высокопористые песчаные — МІІ;
- холодные типов:
 - Бх, Вх — МІ, МІІ;
 - Гх — МІ, МІІ;
 - Дх — МІІ;
- высокопористые щебёночные — МІ.

1.2. Применение порошковых отходов промышленности в качестве минерального порошка в асфальтобетоне

Существуют опыты применения в качестве минерального порошка золы каменных углей (с необходимым зерновым составом). Но, как оказалось, асфальтобетон с применением золы имеет пониженную теплоустойчивость; наличие золы в асфальтобетоне вызывает повышенный расход битума в отличие от асфальтобетона с известняковым минеральным порошком; а так же, в процессе приготовления асфальтобетона происходит значительное выдувание мелких частиц золы. Так же известно применение в качестве минерального порошка золы горючих прибалтийских сланцев. Но, сланцевая зола обладает повышенной пористостью, что приводит к понижению плотности получаемого асфальтобетона и увеличению расхода битума (13% битума сверх 100% заполнителя). Иностранная практика также имеет опыт применения в качестве минерального порошка сланцевой золы (США и Франция).

Проводились исследования по использованию для асфальтобетонов минерального порошка из продуктов тонкого помола металлургических шлаков. А так же возможно применения в качестве минерального порошка для асфальтобетонов молотых быстро охлаждённых доменных и конверторных шлаков. Были проведены исследования возможности применения в качестве минерального порошка для асфальтобетона отходов металлургической промышленности (ОЭМК – отходы электрометаллургического комбината). Шлак Старооскольского ЭМК может использоваться в качестве песка, а после небольшого помола – и в качестве минерального порошка в асфальтобетоне.

В научном журнале Иркутского института была приведена статья о замене минерального порошка в асфальтобетоне на золу-унос [2]. В работе был проведен комплекс исследований по возможности использования золы-уноса, получаемый от сжигания окино - ключевских углей (Республика Бурятия), в качестве минерального порошка для получения асфальтобетона. Цель экспериментальных исследований заключалась в получении эффективных

композитов для дорожных покрытий, сохраняющих стабильность свойств, как при высокой, так и при низкой температуре эксплуатации. В итоге, использование золы-уноса Гусиноозерской ГРЭС в качестве минерального порошка позволило получить пористый асфальтобетон, который может быть использован для нижнего слоя покрытия, а при активировании золы-уноса активирующими добавками при правильном подборе состава асфальтобетонной смеси возможно получение плотного асфальтобетона, рекомендуемого при устройстве верхних слоев покрытий автомобильных дорог III и IV категории.

В качестве минерального порошка для асфальтобетона могут применяться измельченные отходы производства шлаковаты корольки и обрезки шлаковаты. Известна дегтебетонная смесь в качестве наполнителя шлаковых компонентов, а в качестве заполнителя – отход агломерационного сырья в количестве 12,2 – 13,5 %. Возможно применения шлаков ОЭМК в качестве минеральных порошков для асфальтобетонов. Известно, что при введении в состав асфальтобетонных смесей типов А, Б и В непрерывного зернового состава шлакового минерального порошка в количестве 5 – 9 %, показатели физико-механических свойств асфальтобетонов удовлетворяют требованиям ГОСТ [1].

В научном журнале [3] приводят исследования по минералогическому составу и свойствам отходов металлургического завода в Красноярском крае. Изучались отвальные хвосты нейтрализации Надеждинского металлургического завода города Норильск, получаемые при очистке жидкой фазы пульпы отходов серосульфидной флотации медноникелевого сульфидного концентрата от железа и цветных металлов, представляющие собой тонкодисперсный порошок со следующим химическим составом: SiO₂ 7,12%; Al₂O₃ 2,34%; CaO 13,66%; MgO 0,97%; Fe₂O₃ 42,86%; SO₃ 17,56%; Na₂O 0,52%; K₂O 0,38%.

Результаты химического анализа показали, что основными составляющими отвальных хвостов нейтрализации являются соединения оксидов железа и кремния, зафиксированы относительно малые концентрации

различных соединений с кальцием и серой. Термические исследования показали, что хвосты являются стабильными до температуры 300°C.

Данные отходы предполагалось использовать в качестве минерального порошка в асфальтобетоне. Для этого проводились исследования этого порошка в соответствии с требованиями ГОСТ [4]. Для сравнения был исследован стандартный минеральный порошок, полученный путем измельчения известняка Торгашевского карьера города Красноярск. Свойства этих порошков в сравнении с требованиями государственного стандарта для минеральных порошков марки МП-2 (порошки из некарбонатных горных пород, твердых и порошковых отходов промышленного производства), по всем показателям отвалы хвосты отвечают требованиям ГОСТ [4].

В дипломной работе исследую отходы: пыль-унос Красноярского цементного завода.

1.3. Требования к материалам для приготовления асфальтобетона

Минеральный порошок, входящий в состав смесей и асфальтобетонов, должен отвечать требованиям ГОСТ [4].

Для приготовления минеральных порошков обычно применяют известняки средней прочности (до 50-60 МПа). Применение слишком прочных известняков ограничивается трудностью их размолла. Порошки из малопрочных известняков характеризуются повышенной пористостью, избирательно фракционируют битум, что приводит к существенному изменению его свойств и повышению жёсткости асфальтобетона. Действующим ГОСТом не нормируется прочность исходной горной породы. Основным нормируемым показателем карбонатных горных пород, предназначенных для производства минеральных порошков, является содержание в них глинистых примесей, которых должно быть не более 5 %.

Важнейшей особенностью минерального порошка, обуславливающей его активную структурообразующую роль в асфальтобетоне, является

высокоразвитая удельная поверхность. У обычно применяемых минеральных порошков удельная поверхность составляет от 2500 до 5000 см²/г. Чем выше удельная поверхность, тем в большей степени проявляется структурирующее влияние на битум минерального порошка, а следовательно, и выше его роль в асфальтобетоне. Следует иметь в виду, что очень высокая дисперсность часто не реализуется в асфальтобетоне вследствие агрегирования наиболее мелких частиц. Более того, образующиеся агрегаты не только снижают эффективную удельную поверхность порошка, но и понижают плотность и коррозионную устойчивость асфальтобетона. Следовательно чрезмерно тонкое измельчение порошков нежелательно. Оптимальной можно считать дисперсность порошка, при которой его удельная поверхность составляет 4000 – 5000 см²/г.

Вместо удельной поверхности определяют гранулометрический состав минерального порошка и особенно содержание в нем более мелких фракций.

Гранулометрический состав минерального порошка определяют рассевом пробы через сита, имеющие отверстия Ø 1,25, 0,63, 0,315, 0,16, 0,071 мм.

Требования ГОСТ [4] по зерновому составу минерального порошка:

Через сито 1, 25 мм должно проходить не менее 100%

Через сито 0,315 мм должно проходить не менее 90%

Через сито 0,071 мм должно проходить не менее 70%

Большое значение имеет пористость зёрен минерального порошка. Взаимодействие битума с минеральным порошком обусловлено не только весьма развитой внешней поверхностью зёрен, но, главным образом, очень развитой внутренней поверхностью зёрен, образуемой разветвленной системой микропор. Пористость минерального порошка после уплотнения под давлением 40 МПа должна быть не более 35%.

Важной характеристикой минеральных порошков, отражающей их взаимодействие с водой, является степень набухания в воде смеси порошка с битумом. В соответствии с ГОСТ [4] набухание смеси порошка с битумом не должно превышать 2,5%.

Порошки в зависимости от показателей свойств и применяемых исходных материалов подразделяются на марки:

МП-1 – порошки, не активированные и активированные из осадочных (карбонатных) горных пород и порошки из битуминозных пород;

МП-2 – порошки из некарбонатных горных пород, твердых и порошкообразных отходов промышленного производства.

Порошки в зависимости от величины суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов $A_{эфф}$ в горных породах и отходах промышленного производства используют:

при $A_{эфф}$ до 740 Бк/кг – для строительства дорог и аэродромов в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки;

при $A_{эфф}$ до 1500 Бк/кг – для строительства дорог вне населенных пунктов.

Содержание полуторных окислов ($Al_2O_3 + Fe_2O_3$) в порошкообразных отходах промышленного производства, используемых в качестве порошков не должно превышать, % по массе:

7,0 – для активированных порошков;

1,7 – для не активированных порошков.

В порошковых промышленных отходах производства, используемых в качестве порошков, допускается содержание, % по массе:

активных $CaO + MgO$ – не более 3;

водорастворимых соединений – не более 6.

Потери при прокаливании в порошковых промышленных отходах, используемых в качестве порошков, должно быть не более 20 %.

В качестве минерального порошка можно применять техногенные отходы промышленного производства: измельченные основные металлургические шлаки, золы-уноса, золошлаковые смеси, пыль - уноса цементных заводов, свойства которых должны соответствовать, указанным в таблице 1.

Свойства отходов промышленности

№ п/п	Показатель	Нормы по видам порошка		
		Основные металлургичес кие шлаки	Золы- уноса ТЭЦ и золошлако вые смеси	Пыль- уноса цементн ых заводов
1	Зерновой состав, % по массе, не менее:			
	мельче 1,25	95	95	95
	мельче 0,315	80	80	80
	мельче 0,071	60	60	60
2	Пористость, % по объёму, не более	40	45	45
3	Коэффициент водостойкости образцов из смеси порошка с битумом, не менее	0,7	0,6	0,8
4	Показатель битумоемкости, г, не более	100	100	100
5	Содержание водорастворимых соединений, % по массе, не более	6	6	6
6	Потери при прокаливании, % по массе, не более	не нормируется	20	не нормиру ется
7	Содержание активных СаО+MgO по массе, не более	3	3	3

Требования к порошкам марки МП-2, в соответствии с ГОСТ [4], приводятся в таблице 2.

Показатели свойств порошков МП-2

Наименование показателя	Свойства
1. Зерновой состав, % по массе: мельче 1,25 мм 0,315 мм 0,071 мм	Не менее 95 От 80 до 95 Не менее 60
2. Пористость %, не более	40
3. Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	3,0
4. Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, не менее	0,7
5. Показатель битумоёмкости, г, не более	80
6. Влажность, %, по массе, не более	2,5

У минеральных порошков имеются недостатки: они обладают большой гигроскопичностью, комкуются при длительном хранении на складе, при транспортировке пылят. Эти недостатки можно устранить путем активации. Активированные порошки – это порошки обработанные гидрофобными добавками. В качестве активирующих веществ применяют:

- анионные ПАВ типа высших карбоновых кислот (госсиполовая смола, жировой гудрон, окисленный петролатум, синтетические жирные кислоты и др.);
- катионные ПАВ типа аминов, диаминов или их производных;
- нефтяной битум по ГОСТ [5].

Эти порошки при хранении не комкуются, не пылят, улучшают перемешивание и уплотнение смесей, расход битума уменьшается. Качество порошков улучшается при активации их в процессе помола.

2. Экспериментальная часть

2.1. Характеристика методик исследований

- Методики исследований асфальтобетона проводятся в соответствии с ГОСТ [6];
- Методы испытаний щебня проводятся в соответствии с ГОСТ [7];
- Методы испытаний песка проводятся в соответствии с ГОСТ [8];
- Методы испытания битума: определения температуры размягчения по кольцу и шару проводятся в соответствии с ГОСТ [9]; определения глубины проникания иглы проводилось в соответствии с ГОСТ [10]; определения растяжимости проводилось в соответствии с ГОСТ [11]; определения температуры хрупкости проводилось в соответствии с ГОСТ [12];
- Методы испытания минерального порошка обычного и активированного проводятся в соответствии с ГОСТ [4].

2.2. Характеристика исходных материалов

Для приготовления асфальтобетона применялись следующие материалы:

2.2.1 Характеристика щебня

В качестве крупного заполнителя использовался щебень, взятый из буртов асфальтобетонного завода (АБЗ) ДСУ-2 и приготовленный в карьере «Торговый дом». Физико-механические свойства щебня определялись в соответствии с ГОСТ [1] и [13], и указаны в таблице 3. А зерновой состав щебня представлен в таблице 4.

Таблица 3

Физико-механические свойства щебня карьера «Торговый дом»

Наименование показателей	Фактические значения	Требования ГОСТ [13] ГОСТ [1]
Марка по дробимости, н/м	1200	1200
Содержание зерен слабых пород, % по массе	4,2	Не более 5
Плотность, г/см ³ : истинная средняя насыпная	2,71 2,69 1,48	- - -
Содержание глины в комках, % по массе	Отсутствует	Не более 1,0
Содержание дробленых частиц, % по массе	88	Не менее 80
Содержание пылеватых, глинистых частиц, % по массе	0,5	Не более 3,0
Зерновой состав на контрольных ситах, %, (полные остатки) Д наим. 0,5 (Днаим.+Днаиб.)-12,5мм Д наиб. 1,25 Д наиб.	92,3 39,3 2,0	90-100 30-60 до 10 до 0,5

Таблица 4

Зерновой состав щебня карьера «Торговый дом»

Размеры сит, мм	Частные остатки, г	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Прошло через сито, %
40	0	0	0	100
20	32	3,2	3,2	96,8
15	206	20,6	23,8	76
10	380	38,0	61,8	38,2
5,0	295	29,5	91,3	8,7
2,5	45	4,5	95,8	4,2
дно	42	4,2	100	0

Как видно из таблицы 3 и таблицы 4, щебень пригоден для приготовления асфальтобетонных мелкозернистых плотных смесей марки I, типа А для устройства верхнего слоя покрытия.

2.2.2 Характеристика песка

Физико-механические свойства песка карьера «Торговый дом» соответствуют требованиям ГОСТ [14] и указаны в таблице 5. А его зерновой состав приводятся в таблице 6.

Таблица 5

Физико-механические свойства песка карьера «Торговый дом»

Наименование показателей	Фактические значения	Требования ГОСТ [14]
Плотность, г/см ³ истинная насыпная	2,68 1,45	- -
Содержание глины в комках, % по массе	отсутствует	Не более 1,0
Содержание глинистых частиц, определяемое методом набухания, % по массе	0,7	Не более 3,0
Модуль крупности	3,28	-
Влажность, %	4,7	-
Содержание органических примесей, % по массе	отсутствует	-

Таблица 6

Зерновой состав песка карьера «Торговый дом»

Размеры сит, мм	Частные остатки, г	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Прошло через сито, %
10	0	0	0	100
5	96	9,6	9,6	90,4
2,5	145	14,5	24,1	75,9
1,25	49	4,9	29	71
0,63	77	7,7	36,7	63,3
0.315	133	13,3	50	50
дно	500	50,0	100	0

Как видно из таблицы 5 и таблицы 6, песок пригоден для приготовления асфальтобетонных мелкозернистых плотных смесей марки I, типа А для устройства верхнего слоя покрытия

2.2.4 Характеристика пыли-уноса

В состав асфальтобетона входит пыль-унос завода ООО «Красноярский цемент», физико-механические свойства которой указаны в таблице 7.

Таблица 7

Физико-механические свойства пыли-уноса

Свойства	Показатели	ГОСТ
Истинная плотность, г/см ³	1,96	-
Средняя плотность, г/см ³	2,68	-
Пористость, %	27	Не более 30
Показатель битумоемкости, г	74	Не более 80
Влажность, %	0,66	Не более 2,5
Истинная плотность, г/см ³	1,96	-
Средняя плотность, г/см ³	2,68	-

Так же зерновой состав пыли-уноса представлен в таблице 8.

Таблица 8

Зерновой состав

Размер сит, мм	Частные остатки, г	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Полные проходы, %	Требования ГОСТ
1,25	0,5	0,05	0,05	100	Не менее 100%
0,63	0,49	0,049	0,099	98,02	
0,315	0,8	0,08	0,179	96,42	Не менее 90%
0,16	0,85	0,085	0,264	94,72	
0,071	3,55	0,355	0,619	77,6	От 70 до 80%
Дно	43,8	4,38	2,711	0	

Как видно из таблиц 7 и 8 пыль-унос по зерновому составу и по физико-механическим свойствам отвечает требованиям ГОСТ [4] для минеральных порошков марки МК-1.

2.2.5 Характеристика битума

Для приготовления асфальтобетона использовался битум марки БНД 90/130 Ачинского НПЗ. Свойства битума Ачинского НПЗ приводятся в таблице 9.

Таблица 9

Свойства битума Ачинского НПЗ

Показатели	Опыт №1	Опыт №2	Опыт №3	Среднее	Требования ГОСТ [5]
Водопоглощение, % массы	0,6	0,57	0,52	0,56	Не более 1
Температура размягчения по «Кольцу и шару», °С	46	44	45	45	Не ниже 43
Глубина проникания иглы при 25°С, ° П	93	93	95	93,7	91 – 130
Растяжимость при 25°С, см	66,1	66,7	66,5	66,4	Не менее 60
Температура хрупкости, С	-17	-17	-17	-17	Не выше - 17

Как видно из таблицы 9, битум по всем свойствам отвечает требованиям ГОСТ и его можно использовать в асфальтобетонных смесях.

2.2.6. Характеристика известняковой муки завода ХМЗ

Зерновой состав известняковой муки приводится в таблице 10. Физико-механические свойства в таблице 11.

Таблица 10

Сита, мм	Частные остатки, г	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Прошло через сито, %	Требования ГОСТ [15] прошло через сито, % не менее
1,25	0	0	0	100	100
0,63	0	0	0	100	
0,315	0	0	0	100	90
0,16	2,13	4,26	4,26	95,74	
0,071	4,32	8,64	12,9	77,1	От 70 до 80
>0,071	43,55	87,1	100	0	
Σ	50	100			

Таблица 11

Физико-механические свойства

Показатели	Свойства			Требования ГОСТ
	Опыт 1	Опыт 2	Среднее	
Истинная плотность, г/см ³	2,56	2,54	2,55	-
Средняя плотность, г /см ³	2,02	1,97	1,99	-
Пористость, %	22	23	21,87	не более 35
Битумоемкость, %	65,84	64,95	65,39	Не более 80
Влажность, %	0,28	0,88	0,58	1

Определение набухания образцов из смеси порошка с битумом приведено в таблице 12.

Таблица 12

№ опыта	Количество битума от массы порошка, в %	Расход материала			
		Известняковая мука, г	Битум, г	Известняковая мука, %	Битум, %
1	15	200	30	86,95	13,05
2	14	200	28	87,71	12,29
3	13	200	26	88,5	11,5

2.3. Требования к материалам

2.3.1. Требования, предъявляемые к асфальтобетону

1. Смеси должны быть изготовлены в соответствии с требованиями ГОСТ, утвержденному в установленном порядке предприятием-изготовителем. Предполагается исследовать составы плотного асфальтобетона типа А, поэтому ниже приводятся требования только к этому типу асфальтобетону.

2. Зерновые составы минеральной части смесей и асфальтобетонов должны соответствовать установленным в таблице 13.

Таблица 13

Требования к минеральной части асфальтобетона

Название	Размер зерен, мм, мельче									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
	Непрерывные зерновые составы									
Тип А плотный	90- 100	75- 100	62- 100	28- 38	20- 28	14- 20	10- 16	6-12	4-10	28-38

3. Показатели физико-механических свойств плотных асфальтобетонов из горячих смесей марок I, применяемых в III дорожно-климатической зоне, должны соответствовать указанным в таблице 14.

Таблица 14

Наименование показателя	Значение для асфальтобетонов марки I, для дорожно-климатических зоны III
Предел прочности при сжатии при температуре 50°C, МПа, не менее, для асфальтобетонов плотных типов	1,1
Предел прочности при сжатии при температуре 20°C для асфальтобетонов всех типов, МПа, не менее	2,5
Предел прочности при сжатии при температуре 0°C для асфальтобетонов всех типов, МПа, не более	11,0
Водостойкость плотных асфальтобетонов не менее	0,9
Водостойкость плотных асфальтобетонов при длительном водонасыщении не менее	0,85

4. Водонасыщение плотных асфальтобетонов из горячих смесей должно соответствовать указанному в таблице 15.

Таблица 15

Вид и тип асфальтобетонов	Значение для	
	образцов, отформованных из смеси	вырубок и кернов готового покрытия, не более
Плотные типов: А	от 2,0 до 5,0	5,0
Примечание — Показатели водонасыщения асфальтобетонов, применяемых в конкретных дорожно-климатических зонах, могут уточняться в указанных пределах в проектной документации на строительство		

5. Пористость минеральной части асфальтобетонов из горячих смесей, плотных типа А должна быть, от 14 до 19%.

6. Температура горячих смесей при отгрузке потребителю и на склад в зависимости от показателей битумов должна соответствовать указанным в таблице 16.

Таблица 16

Вид смеси	Температура смеси, °С, в зависимости от показателя битума				
	глубины проникания иглы 0,1 мм при 25°С, мм				
Горячая	От 150 до 160	От 145 до 155	От 140 до 150	От 130 до 140	От 120 до 130
Примечания:					
1. Для высокоплотных асфальтобетонов и асфальтобетонов на полимерно-битумных вяжущих допускается увеличивать температуру готовых смесей на 20°С, соблюдая при этом требования ГОСТ [16] к воздуху рабочей зоны					

7. Смесей должны выдерживать испытание на сцепление битумов с поверхностью минеральной части.

8. Смесей должны быть однородными. Однородность горячих смесей оценивают коэффициентом вариации предела прочности при сжатии при температуре 50°С. Коэффициент вариации должен соответствовать указанному в таблице 17.

Таблица 17

Наименование показателя	Значение коэффициента вариации для смесей марки		
	I	II	III
Предел прочности при сжатии при температуре 50°С	0,16	0,18	0,20
Водонасыщение	0,15	0,15	—

2.3.2. Требования к щебню

Щебень из плотных горных пород и гравий, щебень из шлаков, входящие в состав смесей, по зерновому составу, прочности, содержанию пылевидных и глинистых частиц, содержанию глины в комках должны соответствовать требованиям ГОСТ [13]. Содержание зерен пластинчатой (лещадной) формы в щебне и гравии должно быть, % по массе, не более: 15 — для смесей типа А и высокоплотных;

Гравийно-песчаные смеси по зерновому составу должны отвечать требованиям ГОСТ [17], а гравий и песок, входящие в состав этих смесей, — ГОСТ [13] и ГОСТ [14] соответственно.

Для приготовления смесей и асфальтобетонов применяют щебень и гравий фракций от 5 до 10 мм, свыше 10 до 20 (15) мм, свыше 20 (15) до 40 мм, а также смеси указанных фракций.

Прочность и морозостойкость щебня и гравия для смесей и асфальтобетонов, конкретных марок и типов должны соответствовать указанным в таблице 18.

Таблица 18

Наименование показателя	Значение для смесей марки I горячих, типа А
Марка, не ниже: по дробимости: а) щебня из изверженных и метаморфических горных пород	1200
б) щебня из осадочных горных пород	1200
по истираемости: а) щебня из изверженных и метаморфических горных пород	И1
б) щебня из осадочных горных пород	И1
по морозостойкости для всех видов щебня и гравия: а) для дорожно-климатических зон I, II, III	F50

2.3.3. Требования к песку

Песок природный и из отсевов дробления горных пород должен соответствовать требованиям ГОСТ [14], при этом марка по прочности песка из отсевов дробления и содержание глинистых частиц, определяемых методом набухания, для смесей и асфальтобетонов, конкретных марок и типов должны соответствовать указанным в таблице 19, а общее содержание зерен менее 0,16 мм (в том числе пылевидных и глинистых частиц) в песке из отсевов дробления не нормируется.

Таблица 19

Наименование показателя	Значение для смесей марки I
	горячих типа А
Марка по прочности песка из отсевов дробления горных пород и гравия	800
Содержание глинистых частиц, определяемое методом набухания, % по массе, не более	0,5

2.3.4. Требования к битуму

Вязкие нефтяные дорожные битумы изготавливают окислением продуктов прямой перегонки нефти и селективного разделения нефтепродуктов, а также компаундированием указанных окисленных и не окисленных продуктов или в виде остатка прямой перегонки нефти в соответствии с требованиями настоящего стандарта по технологическому регламенту, утвержденному в установленном порядке.

По физико-химическим показателям битумы должны соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 20.

Таблица 20

Физико-химические показателя битума

Наименование показателя	БНД 90/130	По ГОСТ
Глубина проникания иглы, 0,1 мм: при 25 °С при 0 °С, не менее	91-130 28	ГОСТ [10]
Температура размягчения по кольцу и шару, °С, не ниже	43	ГОСТ [9]
Растяжимость, см, не менее при 25 °С при 0 °С	65 4,0	ГОСТ [11]
Температура хрупкости, °С, не выше	-17	ГОСТ [12]
Температура вспышки, °С, не ниже	230	ГОСТ [18]
Изменение температуры размягчения после прогрева, °С, не более	6	ГОСТ [19]

2.3.5. Требования к минеральному порошку

Порошки в зависимости от показателей свойств и применяемых исходных материалов подразделяют на марки:

МП-1 — порошки, не активированные и активированные из осадочных (карбонатных) горных пород и порошки из битуминозных пород.

МП-2 — порошки из некарбонатных горных пород, твердых и порошковых отходов промышленного производства.

В качестве минерального порошка могут быть использованы тонкоизмельченные известняки, доломиты, доломитизированные известняки, отходы производства заводов.

Важные показатели качества минерального порошка - степень набухания его в смеси с битумом в воде и тонкость помола порошка. Содержание частиц мельче 0,071 в минеральном порошке должно быть не менее 70%. Не допускаются частицы размером больше 1,25 мм. При этом удельная поверхность минеральных порошков должна составлять 2500...5000 см/г.

Материалы, применяемые для приготовления минерального порошка, не должны содержать более 1,5% глинистых частиц. Минеральный порошок должен быть сухим и не комковаться. Асфальтобетоны, приготовленные на минеральных порошках, не отвечающих этим требованиям, отличаются слабой коррозионной стойкостью и низкой плотностью.

Для приготовления смесей следует применять активированные и не активированные минеральные порошки, отвечающие требованиям ГОСТ [4]. В таблице 21 приведены требования к минеральному порошку марки МП-1.

Таблица 21

Наименование показателя	Значение для порошка марки	
	МП-1	
	не активированный порошок	активированный порошок
Зерновой состав, % по массе: мельче 1,25 мм » 0,315 » » 0,071 »	Не менее 100 Не менее 90 От 70 до 80	Не менее 100 Не менее 90 Не менее 80
Пористость, %, не более	35	30
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	2,5	1,8
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	Не нормируется	
Показатель битумоемкости, г, не более	80	
Влажность, % по массе, не более	1,0	Не нормируется

2.4. Расчет состава асфальтобетона

Расчет состава асфальтобетона заключается в определении наилучшего соотношения между материалами (щебнем, песком, минеральным порошком и битумом). При этом исходят из положения о зависимости прочности и других свойств асфальтобетона от плотности минеральной смеси при оптимальном количестве битума.

Состав асфальтобетона должен быть экономичным и предусматривать применение местных дорожно-строительных материалов.

При проектировании состава смеси минеральную часть принимают за 100%.

В первую очередь, приступаем к определению необходимого содержания щебня, песка и минерального порошка, полагая, что частицы крупнее 5 мм содержатся только в щебне, а мельче 0,071 мм - только в минеральном порошке.

Содержание щебня находят по формуле:

$$Щ = \frac{100 - Y_5}{100 - Щ_5} 100, \quad Щ = \frac{100 - 55}{100 - 8,7} 100 = 49,29\%$$

где Y_5 - требуемое среднее содержание частиц мельче 5 мм, %

$Щ_5$ - содержание частиц мельче 5 мм в исходном щебне, %.

Содержание минерального порошка устанавливают так:

$$МП = \frac{a}{b} 100 = \frac{8,64}{87,1} 100 = 9,92\%$$

где a – требуемое среднее содержание частиц мельче 0,071 мм, %;

b - содержание частиц мельче 0,071 мм в исходном минеральном порошке, %.

Так как зерновой состав пыли-уноса и известняковой муки отличаются незначительно, то состав минеральной части был принят одинаковым для обоих составов.

Необходимое содержание песка определяется так:

$$П = 100 - (Щ + МП);$$

$$П = 100 - (9,92 + 49,29) = 40,79\%$$

Рассчитывают содержание каждой фракции материалов в минеральной части асфальтобетона. Для этого величину массовой доли каждой фракции исходного материала мельче данных размеров умножают на относительное содержание его в минеральной части.

Для щебня определяют количество каждой фракции мельче размеров сит:

$$\text{мельче сита 20мм} - 49,29 \%$$

$$\text{мельче сита 15мм} - \frac{49,29 \cdot 38}{100} = 18,73\% ;$$

$$\text{мельче сита 10мм} - \frac{49,29 \cdot 29,5}{100} = 14,54\% ;$$

$$\text{мельче сита 5мм} - \frac{49,29 \cdot 4,5}{100} = 2,22\% .$$

Находят количество каждой фракции для песка:

$$\text{мельче сита 2,5мм} - \frac{40,79 \cdot 4,9}{100} = 2\% ;$$

$$\text{мельче сита 1,25мм} - \frac{40,79 \cdot 7,7}{100} = 3,14\% ;$$

$$\text{мельче сита 0,63мм} - \frac{40,79 \cdot 13,3}{100} = 5,43\% ;$$

$$\text{мельче сита 0,315мм} - \frac{40,79 \cdot 50}{100} = 20,4\% .$$

Для минерального порошка определяют количество каждой фракции:

$$\text{мельче сита 0,071} - \frac{9,92 \cdot 87,1}{100} = 8,64\% .$$

Затем подсчитывают суммарное количество минеральных материалов для каждой фракции мельче указанных размеров сит, который представлен в таблице 22.

При сравнении результатов с пределами проходящих частиц видно, что через сито с отверстиями 20мм проходит 100% частиц при норме от 90 до100%, а через сито с отверстиями 15мм проходит 69,44% частиц при норме 100%.

Таблица 22

Материал	Содержание в смеси, %	Размер отверстий сит, мм									
		20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,31	0,14	0,071
		Процентное содержание частиц мельче, мм									
Щебень	49,29	49,29	18,73	14,5	2,22	0	0	0	0	0	0
Песок	40,79	40,79	40,79	40,8	40,8	2	3,14	5,43	20,4	0	0
Минеральный порошок	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	8,62
Сумма	100	100	69,44	65,2	52,94	11,92	13,06	15,35	30,32	9,92	8,62

Требования ГОСТ, что рассчитанный состав соответствует результат подбора оставляем следующим:

щебня - 49,29%;

песка - 40,79%;

минерального порошка – 9,92%.

Итого -100%

После подбора состава определяют необходимое количество битума.

Оптимальное содержание битума устанавливается опытным путем. Для этого при известной доле минеральной части делают не менее трех замесов асфальтобетонной смеси с различным содержанием битума и разницей в 0,5%.

Содержание битума может приниматься в рекомендуемых пределах. Для горячих смесей 5,5-6,5%.

Подбор составов асфальтобетонов проводился в соответствии с ГОСТ [1] по предельным кривым для плотных смесей.

Количество битума подбиралось опытным путем с учетом получения наилучших показателей по прочности и коэффициенту водостойкости.

Для этого при известной доли минеральной части делали три замеса асфальтобетонной смеси с различным содержанием битума (5,5%; 6,0%; 6,5%) с разницей в 0,5 %. Полученные образцы испытывали на прочность при 20 и 50 °С и определяли коэффициент водостойкости (R_{20} , R_{50} , $K_{\text{вод}}$).

По полученным данным строили графики изменения R_{20} , R_{50} и $K_{\text{вод}}$ в зависимости от содержания битума, по которым устанавливали величины оптимального его содержания.

Для этого на график наносили значения минимальных допустимых пределов асфальтобетона по прочности на сжатие при температуре 20 и 50°С, а также коэффициенту водостойкости.

По каждому свойству определяли предельное содержание битума, при котором обеспечивается требуемое значение показателя. За оптимальный принимали нижний предел, при котором обеспечивались требуемые значения всех показателей.

Сумма минеральной части асфальтобетона принималась за 100%, а количество битума принималось сверх 100% минеральной части асфальтобетона. Оптимальное содержание битума для минерального порошка из известковой муки получились 6,0%, а для пыли-уноса 6,5%.

2.5. Приготовление асфальтобетона в лабораторных условиях

Щебень песок и минеральный порошок высушивали, а битум обезвоживали. Затем их отвешивали в емкость, нагревали, периодически помешивая до температуры 150-170 °С и добавляли требуемый объем битума, нагретого до температуры 130-150°С в отдельной емкости.

Перемешивание минеральных материалов с битумом проводили на металлическом противне. Необходимое время перемешивания устанавливается опытным путем.

Процесс перемешивания считают завершенным, если зерна минерального порошка равномерно покрывали вяжущим и в готовой смеси нет сгустков. В нашем опыте оно составило около 8 мин.

Предварительно форму с двумя вкладышами $d=H=71,4$ мм нагревали до температуры 90-100 °С. После этого нижний вкладыш ставили на металлический лист. На него надевали форму, а стенки смазывали машинным маслом. Смесь для одного образца помещали в форму, и штыковали подогретым ножом и затем вставляли в нее верхний вкладыш.

Затем устанавливали форму со смесью на нижнюю плиту прессы для уплотнения, при этом нижний вкладыш выступал из формы на 1,5 - 2 см. Верхнюю плиту прессы доводили до соприкосновения с верхним вкладышем и включали электродвигатель прессы. Давление на уплотняемую смесь доводили до 40 МПа (400 кгс/см²), через 3 мин нагрузку снимали, а образец извлекали из формы выжимным приспособлением.

Образцы с дефектами кромок и не параллельностью верхнего и нижнего основания бракуют.

2.6. Сравнение полученных свойств асфальтобетона на известняковой муке и пыле-уносе

Физические свойства асфальтобетонов на известняковой муке и пыле-уносе приведены в таблице 23.

Таблица 23

Показатели	Минеральный порошок		Требования ГОСТ
	пыль-унос	известняковая мука	
Средняя плотность, $г/см^3$	2,20	2,28	-
Истинная плотность, $г/см^3$	2,29	2,36	-
Пористость, %	5	3	2,5-5
Средняя плотность минеральной части, $г/см^3$	2,09	2,14	-
Истинная плотность минеральной части, $г/см^3$	2,4	2,4	-
Пористость минеральной части, %	10	12	Не более 19

Физико-механические свойства асфальтобетона на известняковой муке приведены в таблице 24.

Таблица 24

Показатели	Минеральный порошок		Требования ГОСТ
	пыль-унос	известняковая мука	
Водонасыщение после вакуума, %	2,89	1,79	От 2до 5
Водонасыщение длительное, %	8,67	7,58	-
Предел прочности при сжатии ,МПа, при 0 ⁰ С	9,5	11	Не более 11
Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при 20 ⁰ С	2,4	2,9	-
Предел прочности при сжатии, МПа, при 50 ⁰ С	2,1	2,3	Не менее 1
Предел прочности при сжатии, МПа, при 20 ⁰ С	2,6	2,9	Не менее 2,5
Предел прочности при сжатии при длительном водонасыщении, МПа, при 20 ⁰ С	2,5	2,8	-
Коэффициент водостойкости после вакуума	0,91	1	Не менее 0,9
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении	0,85	0,89	Не менее 0,85
Степень набухания асфальтобетона,%	2,36	1,8	-

Исследования показали, что свойства асфальтобетона с применением пыль-уноса не уступают асфальтобетону на известняковой муке. Некоторые свойства такого асфальтобетона чуть хуже, но всё равно соответствуют требованиям ГОСТ [1]. Но, например, показатель предела прочности при сжатии при 0⁰C у асфальтобетон на пыле-уносе немного лучше.

Исходя из этого, делаем вывод, что пыль-уноса может заменить известняковую муку в качестве минерального порошка, входящего в состав асфальтобетона, а так же свойства такого асфальтобетона будут соответствовать требованиям ГОСТ.

3. Технологическая часть

3.1. Заводская технология производства асфальтобетона

Функциональная схема производства асфальтобетона на минеральном порошке представлена на рисунке 1.

Технологическая схема производства асфальтобетона на минеральном порошке представлена на рисунке 2.

Щебень и песок со склада поступает в расходный бункер (1) затем щебень и песок поступает в сушильный агрегат (2), где сушится до 180-200°C затем через дозатор поступает в смеситель (3).

Битум из битумохранилища (5) подается в битумоплавильню (10), где выпаривается и нагревается до температуры 140-160 °С. Там он обезвоживается и нагревается до рабочей температуры. Затем по битумопроводу (11) через дозирующее устройство поступает в смеситель (3).

Минеральный порошок из расходной емкости (9) поступает в агрегат для просушки (8), затем через дозатор (12) в смеситель (3).

Образующиеся при сжигании топлива и просушивания материала горячие газы и пыль поступают в трехступенчатую пылеулавливающую систему. Трехступенчатая очистка выходящих из сушильного барабана дымовых газов от пыли осуществляется в предварительной системе очистки, циклонах сухой пылеочистки (7).

Температура в смесителе составляет 150-160 °С, время перемешивания около одной минуты. Масса одного замеса 600-700 килограмм. Для устранения простоя автомобиля под загрузкой асфальтобетонная смесь подается из смесителя в накопительный бункер (4).

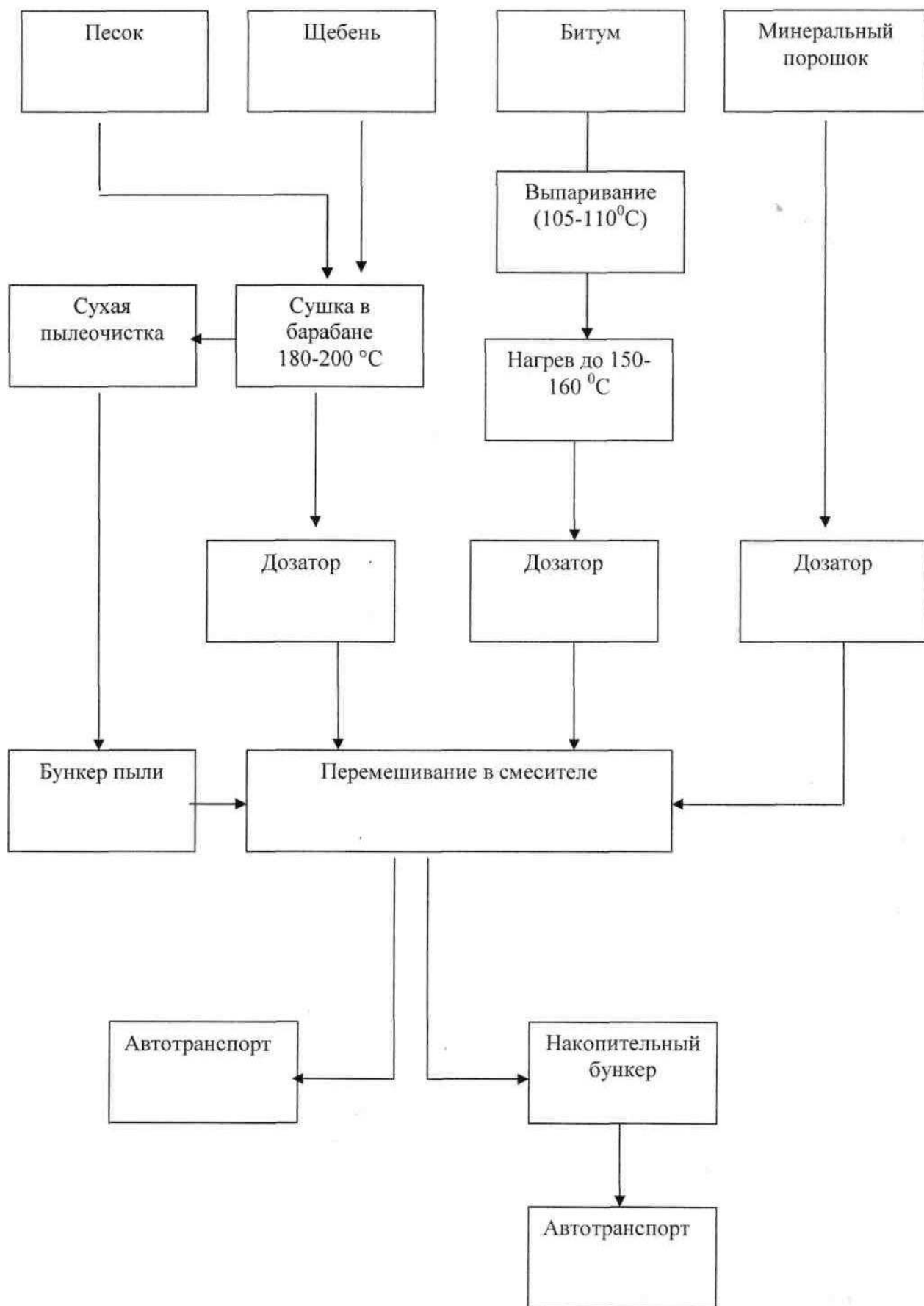


Рисунок 1 – Функциональная схема производства асфальтобетона

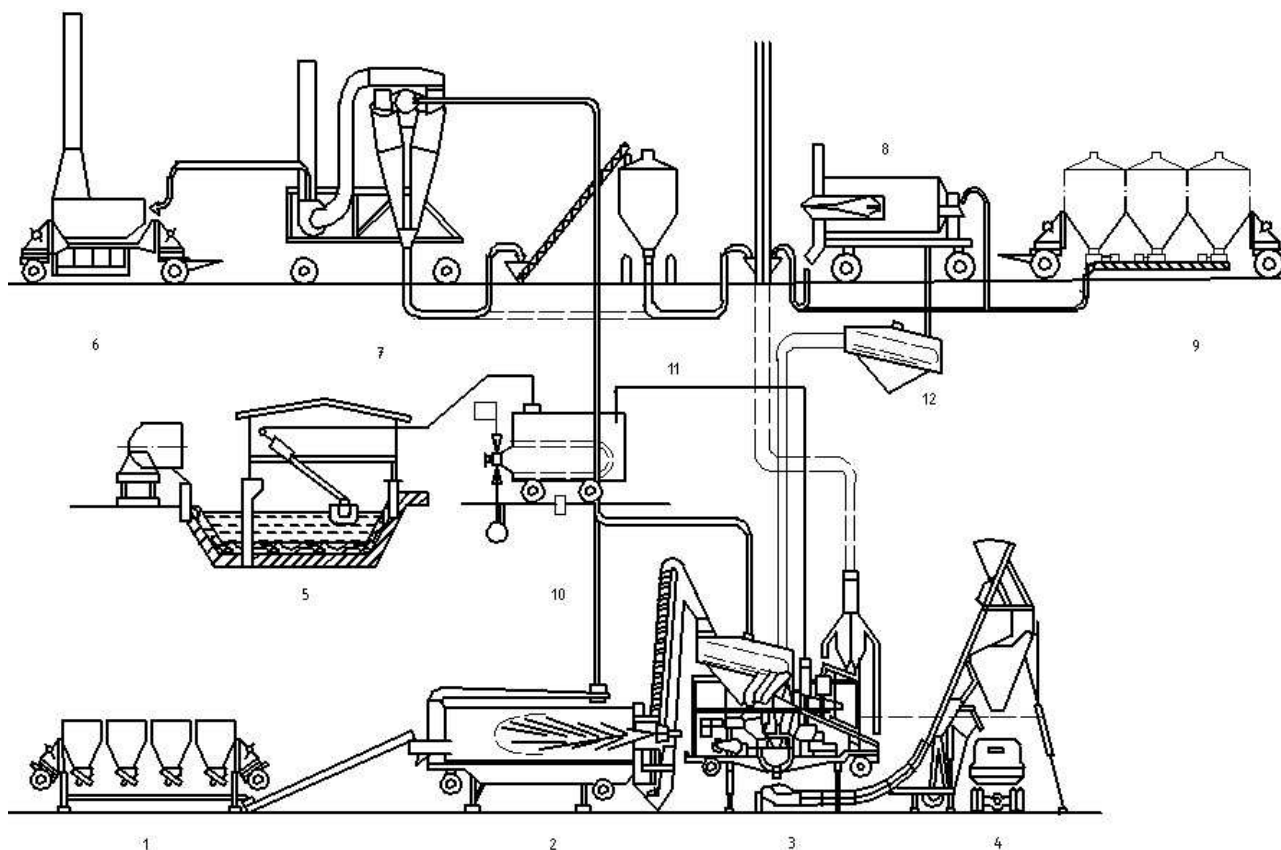


Рисунок 2 – Технологическая схема производства асфальтобетона

1-Агрегат питания для заполнителей; 2-Агрегат сушильный; 3-Агрегат дозировочно-смесительный; 4-Накопительный бункер; 5-Битумохранилище; 6-Устройство мокрого пылеулавливания; 7-Устройство сухой пылеочистки; 8-Агрегат для просушки минерального порошка; 9-Расходная емкость для заполнителя; 10-Битумоплавильня; 11-Битумопровод; 12-Дозатор минерального порошка

4. Экология окружающей среды

При приготовлении асфальтобетонных смесей на заводах образуются и выделяются загрязняющие вещества в окружающую среду.

При этом в целях защиты населения чрезвычайно необходимо выполнение требований Постановления Главного государственного санитарного врача РФ от 25.04.2014, в соответствии с которым асфальтобетонный завод (АБЗ) должен быть отделен от жилой застройки санитарно-защитной зоной, размер которой для АБЗ составляет не менее 500 метров.

Особое значение по количеству и качеству вредных выбросов служит вид применяемого топлива для нагрева материалов при производстве горячих асфальтобетонных смесей. В основном применяют в качестве топлива мазут и другое жидкое топливо. Попытки добавления в мазут различных катализаторов с целью уменьшения вредных выбросов на АБЗ не обеспечивают решение этой проблемы. Поэтому необходим переход на альтернативные виды топлива.

Для уменьшения вредных выбросов на АБЗ осуществляется замена жидкого топлива на газообразное. Обследование АБЗ, работающих на газе, выявило низкий уровень загрязнения атмосферы всеми видами окислов и углеродов, а также снижение капитальных затрат асфальтобетонного завода.

В таблицах 25 и 26 приведены данные на красноярский АБЗ по выбросам и размерам платы в пересчете на 1т асфальтобетонной смеси для асфальтосмесительных установок компаний «Amomatic» и «Ammann» при применении природного газа и мазута.

Таблица 25

Выбросы веществ и размеры платы при применении природного газа

№ п/п	Наименование веществ	Количество выбросов на 1 тонну смеси, т.	Плата за загрязнение на 1 т смеси, руб.	Плата при сверх нормативных выбросах на 1 т смеси, руб.
1	Диоксид азота	$7,2 \cdot 10^{-6}$	$18,7 \cdot 10^{-4}$	$4,7 \cdot 10^{-2}$
2	Оксид азота	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-2}$
3	Оксид углерода	$58,6 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-2}$
4	Углероды предельные (C12-C19)	$5,7 \cdot 10^{-6}$	-	-
5	Пыль неорганическая	$54,3 \cdot 10^{-6}$	$46,5 \cdot 10^{-4}$	$11,7 \cdot 10^{-2}$
6	Карбонат кальция	$0,02 \cdot 10^{-6}$	-	-
7	Углерод (сажа)	$0,4 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$0,4 \cdot 10^{-2}$
8	Диоксид серы	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$0,2 \cdot 10^{-4}$	$0,1 \cdot 10^{-2}$
Всего:		$127,92 \cdot 10^{-6}$	$0,007 \cdot 10^{-4}$	$0,12 \cdot 10^{-2}$

Таблица 26

Выбросы веществ и размеры платы при применении мазута

№ п/п	Наименование веществ	Количество выбросов на 1 т смеси, т	Плата за загрязнение на 1 т смеси, руб.	Плата при сверх нормативных выбросах на 1 т смеси, руб.
1	Диоксид азота	$35,2 \cdot 10^{-6}$	$91,9 \cdot 10^{-4}$	0,23
2	Оксид азота	$5,7 \cdot 10^{-6}$	$10,0 \cdot 10^{-4}$	0,03
3	Оксид углерода	$179,0 \cdot 10^{-6}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	0,01
4	Углероды предельные (C12-C19)	$137,1 \cdot 10^{-6}$	-	-
5	Пыль неорганическая	$72,6 \cdot 10^{-6}$	$62,2 \cdot 10^{-4}$	0,16
6	Диоксид серы	$278,3 \cdot 10^{-6}$	$238,5 \cdot 10^{-4}$	0,60
7	Мазутная зола	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$132,0 \cdot 10^{-4}$	0,33
8	Дигидросульфид (сероводород)	$0,04 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$	0,02
Всего:		$708,4 \cdot 10^{-6}$	$0,054 \cdot 10^{-4}$	1,36

Из приведённых данных следует, что применение природного газа позволяет уменьшить выбросы по некоторым загрязняющим веществам в 5-6 раз по сравнению с использованием мазута. Кроме того при работе на мазуте дополнительно образуются вредные вещества, которые практически не образуются при использовании природного газа. Это мазутная зола, гидросульфат и диоксид серы.

В перспективе следует рассмотреть в качестве альтернативных видов топлива применение на АБЗ сжиженных углеводородных газов (СУГ), опыт использования которых как за рубежом так и в РФ при газификации населённых пунктов, предприятий коммунального сектора, промышленных предприятий показал ряд преимуществ, в сравнении с традиционной газификацией.

5. Экономическая часть

Стоимость материалов для приготовления асфальтобетона на известняковой муке приведена в таблице 27.

Таблица 27

Наименование материалов	Содержание, %	Расход на 1т. а/б, кг.	Цена 1т материала, руб.	Общая стоимость, руб.
Битум БНД-90/130	6	60	10339	620,34
Песок	40,79	407,9	310	125,23
Щебень	49,29	492,9	140	70,38
Известняковая мука	9,92	99,2	3400	339,3
				Σ = 1155,25

Стоимость материалов для приготовления асфальтобетона с использованием пыли-уноса приведена в таблице 28.

Таблица 28

Наименование материалов	Содержание, %	Расход на 1т. а/б, кг.	Цена 1т материала, руб.	Общая стоимость, руб.
Битум БНД-90/130	6	60	10339	620,34
Песок	40,79	407,9	310	125,23
Щебень	49,29	492,9	140	70,38
Пыль-унос	9,92	99,2	200	19,9
				Σ = 835,88

Была рассчитана стоимость состава асфальтобетона с использованием известняковой муки в качестве минерального порошка и пыли-уноса. Расчеты показали, что стоимость одной тонны асфальтобетона с использованием пыли-уноса дешевле, чем стоимость асфальтобетона на известняковой муке. А исходя из того, что свойства асфальтобетона, произведенного с использованием пыли-уноса, не уступают асфальтобетону на известняковой муке, можно сказать, что такое производство выгоднее. График с разницей цен на асфальтобетоны приведен на рисунке 3.

Вывод: с экономической точки зрения актуально производить асфальтобетон, в котором минеральным порошком является пыль-унос.

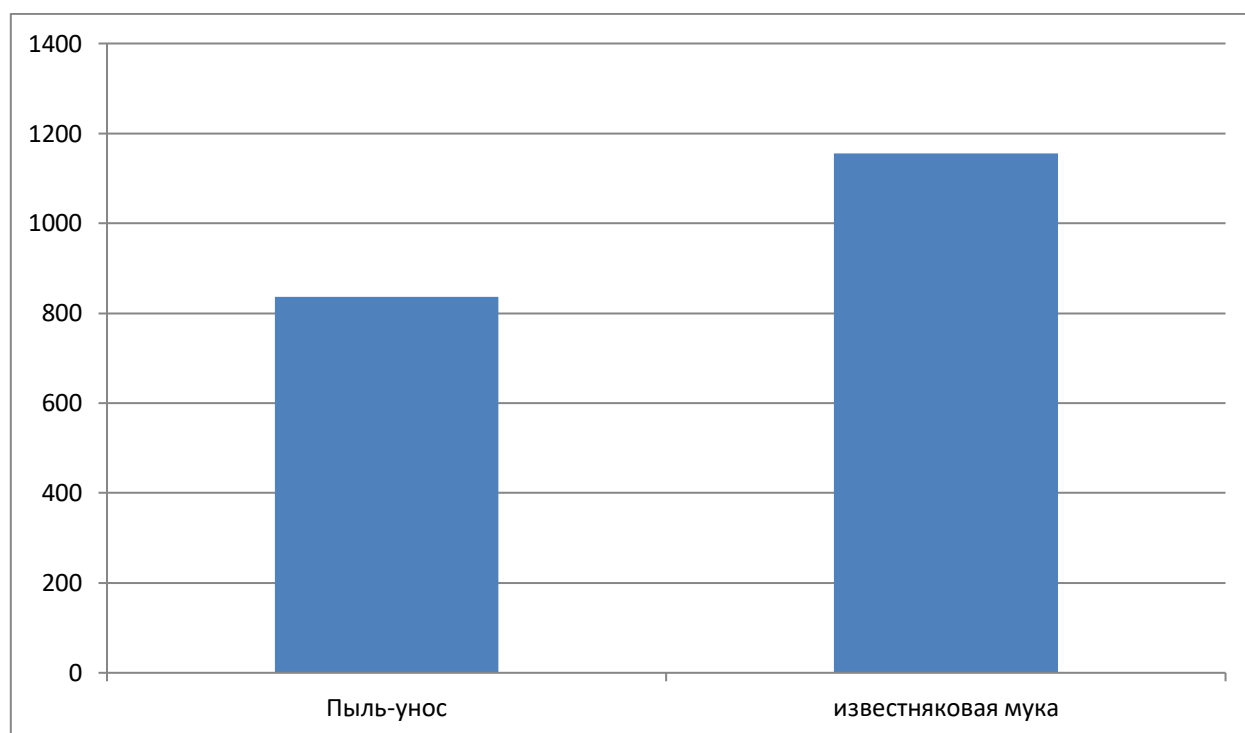


Рисунок – 3 Стоимость материалов для приготовления асфальтобетона

6. Охрана труда и окружающей среды

6.1. Метеорологические условия

Благоприятные условия работы должны удовлетворять действующим нормативным документам, регламентирующим метеорологические условия производственной среды, а именно ГОСТ [20] и СанПиН [21].

Оптимальные и нормативные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне приведены в таблице 29.

Таблица 29

Категория работ	Температура, °С				Относит. влажность, %		Скорость движения, м/с		
	оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая
		верхняя граница		нижняя граница					
пост	непост	пост	непост	пост	непост	пост	непост		
Па ср.тяжести	21-23	27	29	18	17	40-60	65	0,3	0,2-0,4

В настоящей лаборатории благоприятные условия обеспечиваются за счет водяного отопления – два прибора, регулярного проветривания помещения. Контроль над метеорологическими условиями среды осуществляется постоянно, имеется термометр, которым контролируется температура среды, в течение нашей работы она составляла 22-23 °С.

6.2. Освещение

Рациональное освещение помещений – один из наиболее важных факторов, от которых зависит эффективность трудовой деятельности человека. Хорошее освещение необходимо для выполнения большинства задач оператора. Для того, чтобы спланировать рациональную систему освещения, учитывается специфика рабочего задания, для которого создается система освещения, скорость и точность, с которой это рабочее задание должно выполняться, длительность его выполнения и различные изменения в условиях выполнения рабочих операций.

Правильно выполненное освещение рабочих мест способствует здоровью, безопасности и общему психологическому состоянию работающих.

Требования к естественному освещению регламентируют СНиП [22].

При недостаточном естественном освещении применяют искусственное освещение, которое бывает общее или местное.

В нашем случаи освещение обеспечивается естественным боковым освещением – два окна, размером 2*2 м, что составляет 1/6 площади пола и искусственным-люминесцентные лампы ЛБ-30. Рассчитаем необходимое количество светильников.

Работа высокой точности. Фон средний, контраст малый. Длина помещения- 6м, ширина 4м, высота 2,5м. Стены и потолок окрашены в светлые тона. Допустимое содержание пыли в воздухе рабочей зоны 6 мг/м³.

1. Высота подвеса светильников:

$$H_c = H - h - h_p = 2,5 - 0,34 - 0,8 = 1,36 \text{ м}$$

H- высота помещения, м;

h_c – расстояние от потолка до нижней кромки светильника, м;

h_p – высота рабочей поверхности от пола, м;

$$h_c = 0,2 * (H - h_p) = 0,2 * (2,5 - 0,8) = 0,34 \text{ м}$$

2. Наибольшее расстояние между светильниками из условия равномерности освещения при расположении светильников в прямоугольном порядке:

$$L = H_c * (1,4 - 2,0) = 1,36 * 1,4 = 1,9 \text{ м}$$

Необходимое мин количество светильников, шт:

$$L = S / L^2 = 24 / (1,9)^2 = 6,12; \text{ принимаем } 6 \text{ шт.}$$

В рассматриваемой лаборатории имеется 4 светильника, по 2 люминесцентные лампы.

Необходимый светильный поток одной лампы:

$$F_{л} = E_H * S * k_3 * z / (\eta * N) = (200 * 24 * 1,3 * 1,2) / 0,55 = 13614 \text{ лм}$$

Световой поток от наших ламп: ЛБ-30, $F_1 = 2100 \text{ лм}$

От 8 ламп $F_8 = 2100 * 8 = 16800 \text{ лм}$, что полностью обеспечивает необходимое освещение.

6.3. Основные вредности

Пыль. В производстве асфальтобетонных смесей при многих технологических процессах выделяется пыль, загрязняющая воздушную среду. Она является опасной гигиенической вредностью, отрицательно влияющей на здоровье человека. Пыль может проникать в организм человека через органы дыхания и глаза.

Концентрация пыли в воздухе чаще всего измеряется весовым методом и регламентируется также ГОСТ [23].

В нашей лаборатории концентрацию пыли не измеряют, но здесь предусмотрена искусственная вентиляция и постоянное проветривание естественным путем. При работе использовались респираторные повязки и перчатки, как средство индивидуальной защиты.

При приготовлении асфальтобетонных смесей основную вредность оказывает пыль от песка.

Песок. Пыль от песка не оказывает общетоксического действия, но при отложении их пылевых частиц в органах дыхания развиваются местные

изменения по типу пневмомикоза. ПДК_{р.з.} максимально-разовая – 2 – 10 мг/м³, среднесменная – 0,5 – 4 мг/м³. Защита – респираторы.

6.4. Вибрация

Вибрация является необходимым технологическим процессом при приготовлении асфальтобетонных смесей образцов и имеет не благоприятное воздействие на человека.

Ослабление вибрации в нашем случае достигается путем установки между виброактивной машиной и поддерживающей конструкцией виброизолирующих устройств, которыми служат резиновые прокладки.

Также оборудование установлено на самостоятельный фундамент, масса которого уменьшает амплитуду колебания.

Ослаблять вибрацию возможно применением виброизоляции, виброгасящих оснований, виброизоляция в сочетании с применением виброгасящих оснований. Установка машин на упругие опоры практически не ослабляет вибраций самой машины, но уменьшает передачу вибраций на поддерживающую конструкцию, а так же уменьшает вибрацию рабочих мест.

Вибрационное оборудование при приготовлении асфальтобетонных смесей помимо вибрации создает шум.

Уровень звукового шума регламентируется ГОСТ [24].

Для защиты работающих с шумным оборудованием, применяется звукоизоляция вспомогательных помещений, смежных с шумным производственным участком, звукоизолирующие кожухи, обработка стен и потолка звукоизолирующими облицовками или штучными поглотителями.

В моем случае для снижения звукового давления служат также резиновые прокладки между оборудованием поддерживающей конструкцией. При уровне звука 80 дБ рекомендуются делать перерывы на 5 – 10 минут.

Можно сделать вывод, что никаких серьезных последствий в моем случае не наступит. Допустимые уровни звукового давления указаны в таблице 30.

Таблица 30

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами Гц								Допустимый уровень звука, дБ, А
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещение лаборатории для проведения эксперименталь- ных работ	99	87	82	78	75	73	71	70	80

В имеющейся лаборатории есть вибростол, мне известна частота, с которой он совершает колебания $f=40$ Гц, амплитуда колебаний $x=5$ мм, масса виброплиты и электромотора с дисбалансом $m=30$ кг. Необходимо рассчитать параметры пружинных амортизаторов.

Для начала находим среднеквадратичную скорость виброплощадки:

$$v=(f*x)^2=(40*0,005)^2=0,04\text{м/с}$$

Определяем коэффициент передачи для создания на виброизолированной плите удовлетворительных вибрационных условий:

$$\mu= v_0/ v=0,002/0,04=0,05,$$

где $v_0=0,002$ – допустимая среднеквадратичная виброскорость рабочего места при частоте колебаний 40 Гц.

Зная необходимую величину μ и частоту вынужденных колебаний основания, определяют частоту свободных вертикальных колебаний плиты:

$$f_0 = f / (\sqrt{1/\mu} + 1) = 7,31 \text{ Гц.}$$

Определяем суммарную жесткость пружин:

$$K_c = P f_0^2 / 25 = 300 * 7,31^2 / 25 = 642 \text{ Н/см,}$$

где K_c — суммарная жесткость пружин, Н/см;

P — вес плиты и установленного на ней оборудования, Н.

Исходя из соображений продольной устойчивости плиты, выбирают число пружин n , $n=4$.

Определяют жесткость одной пружины K при заданном числе пружин:

$$K = K_c / n = 642 / 4 = 160,5 \text{ Н/см.}$$

Далее производим расчет параметров пружины в такой последовательности:

- диаметр прутка

$$d = 1,6 \sqrt{KPC / \tau} = 1,6 * \sqrt{1,2 * 100 * 7 / 2000000000} = 0,001037 \text{ м} = 1,037 \text{ см,}$$

где K — коэффициент определяемый по графику, Н/см;

$C = D/d$ — рекомендуется принимать 4... 10;

D — диаметр пружины, см;

P — расчетная нагрузка, приходящаяся на одну пружину, Н;

$[\tau]$ — допускаемое напряжение на срез для материала пружины, Па.

- число рабочих витков пружины:

$$i = \sigma d / (8KC^3) = 80000000 * 0,001037 / 8 * 1,2 * 73 = 5,$$

где σ — модуль упругости на сдвиг для материала пружины, для стали $\sigma = 8 \cdot 10 \text{ МПа}$.

Число «мертвых витков» принимают при $i \leq 7$ $i_2 = 1,5$ витка на оба торца пружины, при $i > 7$, $i_2 = 2,5$ витка,

- полное число витков пружины:

$$i_1 = i + i_2 = 5 + 1,5 = 6,5;$$

- высота ненагруженной пружины:

$$H_0 = ih + (i_2 + 0,5)d = 5 * 1,81 + (1,5 + 0,5) * 1,037 = 11,13 \text{ см}$$

где h — шаг пружины, принимают $(0,25 \dots 0,5) D$.

Таким образом, принимаем четыре пружины с такими параметрами: жесткость 161 Н/см, диаметр прутка 1 см, полное число витков пружины 6,5, высота ненагруженной пружины 11,13 см.

6.5. Электробезопасность

Электробезопасность регламентируется ГОСТ [25].

Лаборатория, где проводились исследования, по электробезопасности относится к помещению без поверхностных опасностей. Электробезопасностью предусмотрено: заземление и шкаф, в котором размещены источники электроэнергии, распределительных устройств и к которому закрыт доступ посторонним лицам. На дверях шкафа установлена блокировка, отключающая электроэнергию при открывании дверей.

6.6. Взрывопожаробезопасность

Пожары и взрывы возникают на объектах, где имеются горючие и взрывоопасные вещества и источники огня. Пожарная безопасность выполняется согласно ГОСТ [26].

Выполнение мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности, является главной задачей руководящего персонала. Они несут ответственность за организацию пожарной безопасности, за своевременное выполнение необходимых противопожарных мероприятий, а так же за соблюдение противопожарного режима.

В моей работе используемые материалы пожароопасными не являются. В помещении необходимо исключить использование открытого огня, курения, короткого замыкания в электроприборах. Лаборатория снабжена сигнальной кнопкой в случае пожара и огнетушителем.

Выводы

1. Изучили свойства асфальтобетона полученного на основе порошковых отходов промышленности;
2. Установили, что такой асфальтобетон не уступает качеством асфальтобетону на классическом минеральном порошке;
3. Для сравнения свойств были изготовлены асфальтобетоны на известняковой муке и пыли-уносе;
4. Для приготовления асфальтобетона применялись: щебень, песок карьера «Торговый дом»; битум БНД 90/130 Ачинского НПЗ;
5. Был исследован мелкозернистый дорожный горячий плотный асфальтобетон на пыле-уносе и известняковой муке;
6. Были определены основные свойства исходных материалов: щебня, песка, минерального порошка и битума;
7. Установлено, что пыль-уноса по свойствам отвечает требованиям ГОСТ для изготовления асфальтобетона;
8. Для сравнения свойств был рассчитан и приготовлен состав асфальтобетона на стандартном известняковом минеральном порошке. Были изучены свойства асфальтобетона на известняковой муке и пыли-уноса;
9. Установлено, что свойства асфальтобетона на пыле-уноса не значительно хуже, чем на известняковом порошке и соответствует требованиям ГОСТ;
10. Проведен расчет экономической эффективности применения пыли-уноса в составах дорожного асфальтобетона, который показал, что стоимость 1 тонн асфальтобетона на пыле-уноса меньше на 300 рублей по сравнению с асфальтобетоном на известняковом порошке;
11. Следовательно, можно сказать, что к производственному внедрению можно рекомендовать такой состав асфальтобетона, так как такой состав является экономичным и не уступает классическому составу асфальтобетона.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия
2. Вестник СибАДИ, выпуск 4 (26), 2012 (ст. 60-65) «Использование золы уноса Гусиноозерской ГРЭС в качестве минерального порошка для асфальтобетона» Л. А. Урханова, А. В. Битуев
3. ВЕСТНИК ИрГТУ №3 (98) 2015 (ст. 130-134) «Применение отходов промышленности ГМК «норильский никель» в производстве дорожного асфальтобетона»
4. ГОСТ Р 52129-2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия
5. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия (с Изменением N 1)
6. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.
7. ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний (с Изменениями N 1, 2, с Поправками)
8. ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний (с Изменениями N 1, 2, с Поправкой)
9. ГОСТ 11506-73 Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару (с Изменениями N 1, 2, 3)
10. ГОСТ 11501-78 Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы (с Изменениями N 1, 2, 3, 4)
11. ГОСТ 11505-75 Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости (с Изменениями N 1, 2)
12. ГОСТ 11507-78 Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу (с Изменениями N 1, 2, 3)

13. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия
14. ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия (с Поправкой)
15. ГОСТ 14050-93 Мука известняковая (доломитовая). Технические условия
16. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)
17. ГОСТ 23735-2014 Смеси песчано-гравийные для строительных работ. Технические условия
18. ГОСТ 4333-2014 (ISO 2592:2000) Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле (с Поправкой)
19. ГОСТ 18180-72 (СТ СЭВ 4543-84) Битумы нефтяные. Метод определения изменения массы после прогрева (с Изменениями N 1, 2, 3).
20. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)
21. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
22. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменением N 1)
23. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)
24. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание)
25. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1)

26. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1)

Характеристика исходных материалов

Физико-механические свойства щебня карьера «Торговый дом»

Наименование показателей	Фактические значения	Требования ГОСТ
Марка по дробимости, н/м	1200	1200
Содержание зерен слабых пород, % по массе	4,2	Не более 5
Плотность, г/см ³ : истинная средняя насыпная	2,71	
	2,69	
	1,48	
Содержание глины в комках, % по массе	Отсутствует	Не более 1,0
Содержание дробленых частиц, % по массе	88	Не менее 80
Содержание пылеватых, глинистых частиц, % по массе	0,5	Не более 3,0
Зерновой состав на контрольных ситах, %, (полные остатки) Д наим 0,5 (Днаим.+Днаиб.)-12,5мм Д наиб. 1,25 Д наиб.	92,3	90-100
	39,3	30-60
	2,0	до 10
		до 0,5

Зерновой состав щебня карьера «Торговый дом»

Размеры сит, мм	Частные остатки, г	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Прошло через сито, %
40	0	0	0	100
20	32	3,2	3,2	96,8
15	206	20,6	23,8	76
10	380	38,0	61,8	38,2
5	295	29,5	91,3	8,7
2,5	45	4,5	95,8	4,2
дно	42	4,2	100	0

Зерновой состав пыли-уноса

Размеры сит, мм	Частные остатки, г	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Прошло через сито, %	ГОСТ
1,25	0,5	0,05	0,05	100	Не менее 100%
0,63	0,49	0,049	0,099	98,02	
0,315	0,8	0,08	0,179	96,42	Не менее 90%
0,16	0,85	0,085	0,264	94,72	
0,071	3,35	0,335	0,619	77,6	От 70% до 80%
дно	43,8	4,38	2,711	0	

Физико-механические свойства песка карьера «Торговый дом»

Наименование показателей	Фактические значения	Требования ГОСТ
Содержание глины в комках, % по массе	отсутствует	Не более 1,0
Плотность, г/см ³ : истинная насыпная	2,68	
	1,45	
	3,28	
Модуль крупности	3,28	
Влажность, %	4,7	
Содержание органических примесей, % по массе	отсутствует	
Содержание глинистых частиц, определяемое методом набухания, % по массе	0,7	Не более 3,0

Зерновой состав песка карьера «Торговый дом»

Размеры сит, мм	Частные остатки, г	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Прошло через сито, %
10	0	0	0	100
5	96	9,6	9,6	90,4
2,5	145	14,5	24,1	75,9
1,25	49	4,9	29	71
0,63	77	7,7	36,7	63,3
0,315	133	13,3	50	50
дно	500	50,0	100	0

Свойства битума Ачинского НПЗ

Показатели	Опыт №1	Опыт №2	Опыт №3	Среднее	Требования ГОСТ
Водопоглощение, % массы	0,6	0,57	0,52	0,56	Не более 1
Температура размягчения по «Кольцу и шару», °С	46	44	45	45	Не ниже 43
Глубина проникания иглы при 25°С, °П	93	93	95	93,7	91-130
Растяжимость при 25°С, см	66,1	66,7	66,5	66,4	Не менее 60
Температура хрупкости, С	-17	-17	-17	-17	Не выше - 17

Физико-механические свойства пыли-уноса

Свойства	Показатели	ГОСТ
Истинная плотность, г/см ³	1,96	
Средняя плотность, г/см ³	2,68	
Пористость, %	27	Не более 30
Показатель битумоёмкости, г	74	Не более 80
Влажность, %	0,66	Не более 2,5
Истинная плотность, г/см ³	1,96	
Средняя плотность, г/см ³	2,68	

Зерновой состав известняковой муки

Размеры сит, мм	Частные остатки, г	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Прошло через сито, %	ГОСТ
1,25	0	0	0	100	100
0,63	0	0	0	100	
0,315	0	0	0	100	90
0,16	2,13	4,26	4,26	95,74	
0,071	4,32	8,64	12,9	77,1	От 70 до 80
дно	43,55	87,1	100	0	
Σ	50	100			

Определение набухания образцов из смеси порошка с битумом

Номер опыта	Количество битума от массы порошка, в %	Известняковая мука, г	Известняковая мука, %	Битум, г	Битум, %
1	15	200	86,95	30	13,05
2	14	200	87,71	28	12,29
3	13	200	88,5	26	11,5

Физико-механические свойства известняковой муки

Показатели	Опыт №1	Опыт №2	Среднее	Требования ГОСТ
Истинная плотность, г/см ³	2,56	2,54	2,55	
Средняя плотность, г /см ³	2,02	1,97	1,99	
Пористость, %	22	23	21,87	не более 35
Битумоёмкость, %	65,84	64,95	65,39	Не более 80
Влажность, %	0,28	0,88	0,58	1

БР - 08.03.01 - 2020 СБ					
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол.	Лист	док.	Подпись	Дата
Разработал	Внучко А.В.				
Руководит.	Васильева Г.В.				
Норм. контр.	Васильева Г.В.				
Заф. кафед.	Виницкая И.Г.				
Асфальтобетон с применением порошковых отходов промышленности				Страница	Лист
				У	1
Характеристика исходных материалов				СМУТС	

Требования к материалам

Требования к минеральной части асфальтобетона

Название	Размер зерен, мм, мельче									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
Непрерывные зерновые составы										
Тип А плотный	90- 100	75- 100	62- 100	28- 38	20- 28	14- 20	10- 16	6- 12	4- 10	28- 38

Физико-химические показатели битума

Наименование показателя	БНД 90/130
Глубина проникания иглы, 0,1 мм: при 25 °С при 0 °С, не менее	91-130 28
Температура размягчения по кольцу и шару, °С, не ниже	43
Растяжимость, см, не менее при 25 °С при 0 °С	65 4,0
Температура хрупкости, °С, не выше	-17
Температура вспышки, °С, не ниже	230
Изменение температуры размягчения после прогрева, °С, не более	6

Требования к минеральному порошку марки МП-1

Наименование показателя	Значение для порошка марки МП-1
Зерновой состав, % по массе: мельче 1,25 мм » 0,315 » » 0,071 »	Не менее 100 Не менее 90 От 70 до 80
Пористость, %, не более	35
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	2,5
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	Не нормируется
Показатель битумоемкости, г, не более	80
Влажность, % по массе, не более	1,0

Физико-механические свойства асфальтобетона

Наименование показателя	Значение для асфальтобетонной марки I, для дорожно-климатических зон III
Предел прочности при сжатии при температуре 50°С, МПа, не менее, для асфальтобетонных плотных типов	1,1
Предел прочности при сжатии при температуре 20°С для асфальтобетонных всех типов, МПа, не менее	2,5
Предел прочности при сжатии при температуре 0°С для асфальтобетонных всех типов, МПа, не более	11,0
Водостойкость плотных асфальтобетонных не менее	0,9
Водостойкость плотных асфальтобетонных при длительном водонасыщении не менее	0,85

Прочность и морозостойкость щебня

Наименование показателя	Значение для смесей марки I горячих, типа А
Марка, не ниже по дробимости: а) щебня из изверженных и метаморфических горных пород б) щебня из осадочных горных пород	1200 1200
по истираемости: а) щебня из изверженных и метаморфических горных пород б) щебня из осадочных горных пород	И1 И1
по морозостойкости для всех видов щебня и гравия: а) для дорожно-климатических зон I, II, III	F50

Требования к песку

Наименование показателя	Значение для смесей марки I горячих, типа А
Марка по прочности песка из отсеиваемой дробления горных пород и гравия	800
Содержание глинистых частиц, определяемое методом набухания, % по массе, не более	0,5

Водонасыщение асфальтобетона

Вид и тип асфальтобетонных	образцы из смеси	образцы из вырубок покрытия
Плотные типов: А	от 2,0 до 5,0	5,0
Примечание – Показатели водонасыщения асфальтобетонных, применяемых в конкретных дорожно-климатических зонах, могут уточняться в указанных пределах в проектной документации на строительство		

Температура горячих смесей при отгрузке потребителю и на склад

Вид смеси	Температура смеси, °С, в зависимости от показателя битума				
	глубины проникания иглы 0,1 мм при 25°С, мм				
Горячая	От 150 до 160	От 145 до 155	От 140 до 150	От 130 до 140	От 120 до 130
Примечание – Для высокоплотных асфальтобетонных и асфальтобетонных на полимерно-битумных вяжущих допускается увеличивать температуру готовых смесей на 20°С, соблюдая при этом требования ГОСТ [16] к воздуху рабочей зоны					

Коэффициент вариаций

Наименование показателя	Значение коэффициента вариации для смесей марки		
	I	II	III
Предел прочности при сжатии при температуре 50°С	0,16	0,18	0,20
Водонасыщение	0,15	0,15	

БР – 08.03.01 – 2020 СБ										
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт										
Изм.	Кол.	Лист	док.	Подпись	Дата					
Разработал	Внучко	А.В.				Асфальтобетон с применением порошковых отходов промышленности	Стандия	Лист	Листов	
Руководит.	Васильева	Г.В.					У	2	5	
Норм. контр.	Васильева	Г.В.				Требования к материалам	СМУТС			
Защ. кафед.	Енжельская	И.Г.								

Расчет состава асфальтобетона

Содержание щебня находят по формуле:

$$\text{Щ} = \frac{100 - \text{У5}}{100 - \text{Щ5}} \cdot 100 \quad \text{Щ} = \frac{100 - 55}{100 - 8,7} \cdot 100 = 49,29\%$$

где У5- требуемое среднее содержание частиц мельче 5 мм, %

Щ5- содержание частиц мельче 5 мм в исходном щебне, %.

Содержание минерального порошка устанавливают так:

$$\text{МП} = \frac{a}{b} \cdot 100 = \frac{8,64}{87,1} \cdot 100 = 9,92\%$$

где а – требуемое среднее содержание частиц мельче 0,071 мм, %;

в – содержание частиц мельче 0,071 мм в исходном минеральном порошке, %.

Суммарное количество минеральных материалов

Материал	Содержание в смеси, %	Размер отверстий сит, мм									
		20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
		Процентное содержание частиц мельче, мм									
Щебень	49,29	49,29	18,73	14,5	2,22	0	0	0	0	0	0
Песок	40,79	40,79	40,79	40,79	40,79	2	3,14	5,43	20,4	0	0
МП	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	8,6
Сумма	100	100	69,44	65,2	52,94	11,92	13,06	15,35	30,32	9,92	8,6

Требования ГОСТ, что рассчитанный состав соответствует

результат подбора оставляем следующим:

щебня – 49,29%;

песка – 40,79%;

минерального порошка – 9,92%.

Оптимальное содержание дитума для минерального порошка из известковой муки получились 6,0%, а для пыли-уноса 6,5%.

Необходимое содержание песка определяется так:

$$\text{П} = 100 - (\text{Щ} + \text{МП})$$

$$\text{П} = 100 - (9,92 + 49,29) = 40,79\%$$

Рассчитывают содержание каждой фракции материалов в минеральной части асфальтобетона. Для этого величину массовой доли каждой фракции исходного материала мельче данных размеров умножают на относительное содержание его в минеральной части.

Для щебня определяют количество каждой фракции мельче размеров сит:

$$\text{мельче сита 20мм} - 49,29 \%$$

$$\text{мельче сита 15мм} - \frac{49,29 \cdot 38}{100} = 18,73\%$$

$$\text{мельче сита 10мм} - \frac{49,29 \cdot 29,5}{100} = 14,54\%$$

$$\text{мельче сита 5мм} - \frac{49,29 \cdot 4,5}{100} = 2,22\%$$

Находят количество каждой фракции для песка:

$$\text{мельче сита 2,5мм} - \frac{40,79 \cdot 4,9}{100} = 2\%$$

$$\text{мельче сита 1,25мм} - \frac{40,79 \cdot 7,7}{100} = 3,14\%$$

$$\text{мельче сита 0,63мм} - \frac{40,79 \cdot 13,3}{100} = 5,43\%$$

$$\text{мельче сита 0,315мм} - \frac{40,79 \cdot 50}{100} = 20,4\%$$

Для минерального порошка определяют количество каждой фракции:

$$\text{мельче сита 0,071} - \frac{9,92 \cdot 87,1}{100} = 8,64$$

						БР – 08.03.01 – 2020 СБ			
						Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол-во	Лист	док.	Подпись	Дата				
Разработал	Внучко А.В.					Асфальтобетон с применением порошковых отходов промышленности	Ставля	Лист	Листов
Руководит.	Василькова Г.В.						У	3	5
Норм. контр.	Василькова Г.В.								
Заф. кафед.	Енжельская И.Г.					Расчет состава асфальтобетона	СМУТС		

Сравнение полученных свойств асфальтобетона на известняковой муке и пыле-уносе

Физические свойства асфальтобетонов на известняковой муке и пыле-уносе

Показатели	Минеральный порошок		Требования ГОСТ
	пыль-унос	Известняковая мука	
Средняя плотность, г/см ³	2,2	2,28	
Истинная плотность, г /см ³	2,29	2,36	
Пористость, %	5	3	2,5-5
Средняя плотность минеральной части, г /см ³	2,09	2,14	
Истинная плотность минеральной части, г/см ³	2,4	2,4	
Пористость минеральной части, %	10	12	Не более 19

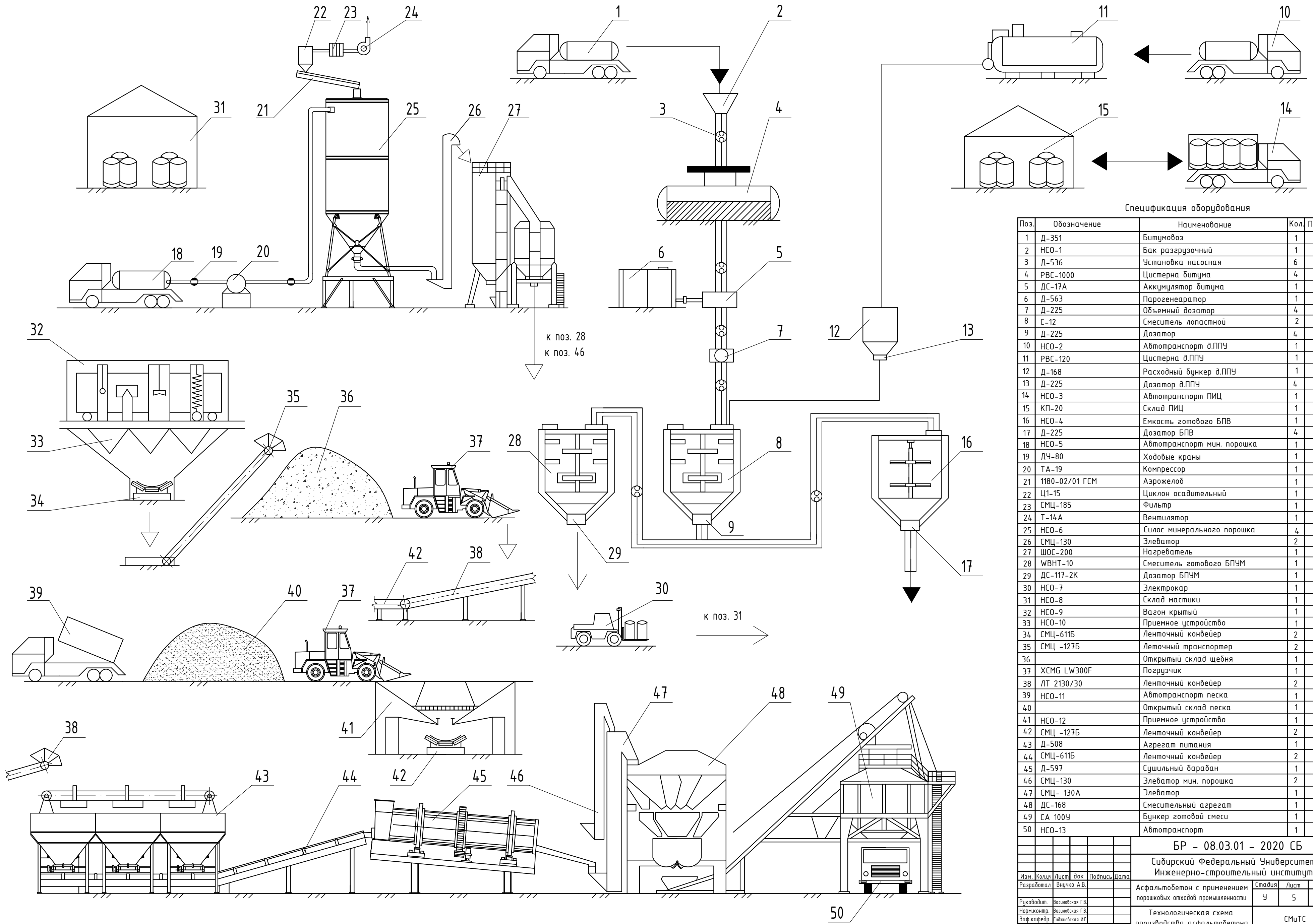
Физико-механические свойства асфальтобетонов на известняковой муке и пыле-уносе

Показатели	Минеральный порошок		Требования ГОСТ
	пыль-унос	Известняковая мука	
Водонасыщение после вакуума, %	2,89	1,79	От 2 до 5
Водонасыщение длительное, %	8,67	7,58	
Предел прочности при сжатии ,МПа, при 0°С	9,5	11	Не более 11
Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при 20°С	2,4	2,9	
Предел прочности при сжатии, МПа, при 50°С	2,1	2,3	Не менее 1
Предел прочности при сжатии, МПа, при 20°С	2,6	2,9	Не менее 2,5
Предел прочности при сжатии при длительном водонасыщении, МПа, при 20°С	2,5	2,8	
Коэффициент водостойкости после вакуума	0,91	1	Не менее 0,9
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении	0,85	0,89	Не менее 0,85
Степень набухания асфальтобетона,%	2,36	1,8	

Исследования показали, что свойства асфальтобетона с применением пыле-уноса не уступают асфальтобетону на известняковой муке.

БР - 08.03.01 - 2020 СБ					
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол.	Лист	док.	Подпись	Дата
Разработал	Внучко А.В.				
Руководит.	Васильева Г.В.				
Норм. контр.	Васильева Г.В.				
Заф. кафедр.	Евдокимов И.Г.				
Асфальтобетон с применением пылевидных отходов промышленности				Стандия	Лист
Сравнение полученных свойств асфальтобетона на известняковой муке и пыле-уносе				У	4
				СМиТС	

Технологическая схема



Спецификация оборудования

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
1	Д-351	Битумовоз	1	
2	НСО-1	Бак разгрузочный	1	
3	Д-536	Установка насосная	6	
4	РВС-1000	Цистерна битума	4	
5	ДС-17А	Аккумулятор битума	1	
6	Д-563	Парогенератор	1	
7	Д-225	Объемный дозатор	4	
8	С-12	Смеситель лопастной	2	
9	Д-225	Дозатор	4	
10	НСО-2	Автомобиль д.ППУ	1	
11	РВС-120	Цистерна д.ППУ	1	
12	Д-168	Расходный бункер д.ППУ	1	
13	Д-225	Дозатор д.ППУ	4	
14	НСО-3	Автомобиль ПИЦ	1	
15	КП-20	Склад ПИЦ	1	
16	НСО-4	Емкость готового БПВ	1	
17	Д-225	Дозатор БПВ	4	
18	НСО-5	Автомобиль мин. порошка	1	
19	ДЧ-80	Ходовые краны	1	
20	ТА-19	Компрессор	1	
21	1180-02/01 ГСМ	Аэрожелоб	1	
22	Ц1-15	Циклон осадительный	1	
23	СМЦ-185	Фильтр	1	
24	Т-14А	Вентилятор	1	
25	НСО-6	Силоз минерального порошка	4	
26	СМЦ-130	Элеватор	2	
27	ШОС-200	Нагреватель	1	
28	WBHT-10	Смеситель готового БПУМ	1	
29	ДС-117-2К	Дозатор БПУМ	1	
30	НСО-7	Электрокар	1	
31	НСО-8	Склад мастики	1	
32	НСО-9	Вагон крытый	1	
33	НСО-10	Приемное устройство	1	
34	СМЦ-611Б	Ленточный конвейер	2	
35	СМЦ -127Б	Ленточный транспортер	2	
36		Открытый склад щебня	1	
37	XCMG LW300F	Погрузчик	1	
38	ЛТ 2130/30	Ленточный конвейер	2	
39	НСО-11	Автомобиль песка	1	
40		Открытый склад песка	1	
41	НСО-12	Приемное устройство	1	
42	СМЦ -127Б	Ленточный конвейер	2	
43	Д-508	Агрегат питания	1	
44	СМЦ-611Б	Ленточный конвейер	2	
45	Д-597	Сушильный барабан	1	
46	СМЦ-130	Элеватор мин. порошка	2	
47	СМЦ-130А	Элеватор	1	
48	ДС-168	Смесительный агрегат	1	
49	СА 100У	Бункер готовой смеси	1	
50	НСО-13	Автомобиль	1	

БР - 08.03.01 - 2020 СБ

Сибирский Федеральный Университет
Инженерно-строительный институт

Изм.	Кол.ч	Лист	док.	Подпись	Дата	Статья	Лист	Листов
Разработал	Внучко	А.В.				4	5	5
Руководит.	Васильская	Г.В.						
Норм.контр.	Васильская	Г.В.						
Заф.кафедр.	Инженерная	ИТ						

Асфальтобетон с применением
пороховых отходов промышленности

Технологическая схема
производства асфальтобетона

СМТС

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
институт
Строительные материалы и технологии строительства
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

И.Г. Енджиевская

подпись

инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2020г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

В виде научной работы

08.03.01 «Строительство»

код-наименование направления

Асфальтобетон с применением порошковых отходов промышленности

Руководитель


подпись, дата

к.т.н., доцент, Г.В. Васильовская
должность, ученая степень, инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

А.В. Внучко
инициалы, фамилия

Красноярск 2020