

Министерство науки и высшего образования РФ  
Южно-Уральский государственный университет (НИУ)  
Институт «Архитектурно-строительный»  
Кафедра «Строительные материалы и изделия»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

/А.А. Орлов/

«    »    2020 г.

**Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе**

**08.03.01.2020.094.00.00.ПЗ**

**Разработка асфальтобетона для верхнего основания дорожного полотна в условиях дорожно-климатической зоны Казахстана**

Руководитель ВКР

/ В.В. Зимич /

«    »    2020 г.

Автор ВКР

Студент группы АС-461

/ А.В. Мусиенко /

«    »    2020 г.

Нормоконтролёр

/Т.Н. Черных/

«    »    2020 г.

Челябинск  
2020

## АННОТАЦИЯ

Мусяенко А.В.

Разработка асфальтобетона для верхнего основания дорожного полотна в условиях дорожно-климатической зоны Казахстана – Челябинск: ЮУрГУ, СМиИ, 2020, 85с., 8 ил., 16 табл. Библиографический список – 25 наименований

Актуальность данной работы заключается в разработке и повышении долговечности асфальтобетонной смеси отвечающих требованиям и условиям предъявляемых к ней и асфальтобетону.

					08.03.01.2020.226.00.00.ПЗ			
Изм	Дата	№ докум.	Подпись	Дата	«Разработка асфальтобетона для верхнего основания дорожного полотна в условиях дорожно-климатической зоны Казахстана»	Литера	Разраб.	Мусяенко
Разраб.		Мусяенко А.В.				ВКР	4	76
Проверил		Зимич В.В.				ЮУрГУ (НИУ) Кафедра «Строительные материалы и изделия»		
Нормоконтр		Черных Т.Н.						
Завкаф		Орлов А.А.						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	9
1.1 Роль битума в дорожных покрытиях .....	18
1.2 Адгезия битума: проблемы и способы их решения .....	18
1.3 Образование адгезионной связи .....	19
1.4 Проблема адгезии битумных материалов .....	19
1.5 Пути решения проблемы .....	20
2 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	21
3 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИИ..	22
3.1 Требования к материалам для асфальтобетона.....	22
3.2 Классификация асфальтобетона.....	22
3.3 Минеральные материалы для асфальтобетона .....	23
3.3.1 Щебень (ГОСТ 8267-93).....	23
3.3.1.1 Вид.....	23
3.3.1.2 Фракция .....	26
3.3.1.3 Лещадность.....	27
3.3.1.4 Адгезия.....	27
3.3.1.5 Прочность .....	28
3.3.1.6 Истираемость .....	29
3.3.1.7 Морозостойкость .....	29
3.3.1.8 Содержание зерен слабых пород .....	30
3.3.1.9 Содержание пылевидных частиц и комков глины .....	30
3.3.1.10 Водопоглощение .....	31
3.3.1.11 Насыпная плотность .....	31
3.3.1.12 Радиоактивность .....	32
3.3.2 Песок (ГОСТ 8736) .....	32
3.3.3 Минеральный порошок (ГОСТ Р 52129-2003) .....	34
3.3.4 Битум (ГОСТ 22245-90) .....	36

3.3.4.1	Температура размягчения .....	38
3.3.4.2	Температура Хрупкости.....	38
3.3.4.3	Растяжимость .....	38
3.3.4.4	Водостойкость.....	40
3.3.4.5	Старение битумов .....	40
3.3.4.6	Химические свойства .....	41
3.3.4.7	Марка битума .....	41
3.3.4.8	Требования к битумам.....	42
3.3.5	Добавки к битуму.....	42
3.3.5.1	Полимер KRATON .....	42
3.3.5.2	Адгезионная добавка Wetfix BE.....	45
4	ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ.....	47
4.1	Рецепт .....	47
4.2	Фракционный щебень.....	47
4.2.1	Определение морозостойкости (МРЗ) в растворе сульфата натрия. Ускоренный метод .....	47
4.3	Содержание глинистых и пылевых частиц .....	51
4.4	Определение дробимости щебня.....	54
4.5	Определение содержания зерен пластинчатой и игловатой формы..	55
4.6	Испытания битума .....	55
4.7	Испытания минерального порошка .....	57
4.8	Испытания подбора без добавок .....	63
4.9	Испытания подбора с адгезионной добавкой .....	65
4.10	Испытания подбора с адгезионной добавкой и модифицирующей добавка KRATON-D 2,5% от массы битума .....	63
5	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	68
6	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	68
6.1	Экологические проблемы .....	69
6.2	Требования по технике безопасности.....	70
6.3	Общие требования охраны труда .....	72

6.4 Техника безопасности на асфальтобетонном заводе .....	74
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	75

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность данной работы заключается в повышении долговечности асфальтобетонной смеси по требованиям и условиям предъявляемых к ней и асфальтобетону. Асфальтобетон — это искусственный материал, который получают в результате уплотнения определенной смеси щебня, песка, мин. порошка и битума. В минеральную часть входят инертный материал в виде щебня, песок и мин. порошок, а асфальтовяжущее вещество — минеральный порошок с битумом. Асфальтовый раствор образуют песок, минеральный порошок и битум.

Задача данной работы повысить долговечность асфальтобетона путем внедрения модифицирующих добавок, в результате чего мы увидим высокие показатели физико-механических испытаний, таких как повышенная плотность, прочность асфальтобетонных образцов, за счет чего понизим процентное содержание водонасыщения.

Кроме того, на асфальтобетон воздействуют атмосферные и талые воды, вода проникает в поры асфальтобетона и делает слабой взаимную связь минеральных наполняющих материалов с пленкой вяжущего. Именно поэтому оценку прочности асфальтобетона определяют по результатам испытаний образцов формы цилиндра на сжатие при температурах +50, +20 и 00 С.

Показатель прочности при +50 С характеризует устойчивость к сдвигам асфальтобетона при высокой температуре и сопротивление материала к образованию пластических разрушений и сдвигов в покрытии. Индикатор набора прочности при 00 С косвенно характеризует устойчивость к образованию трещин асфальтобетона при низких температурах.

В ходе исследований будет наглядно виден и экономический эффект внедрения модификаторов в асфальтобетонную смесь.

## 1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Автомобильная дорога А-3 «Алматы-Усть-Каменогорск» имеет большое значение в обеспечении местных и межобластных перевозок грузов и пассажиров, является смежной с автомобильной дорогой международного коридора «Омск- Павлодар-Семей-Майкапшагай».

Участок автомобильной дороги проходит по территории Аягозского и Жарминского районов Восточно-Казахстанской области и находится в IV дорожно-климатической зоне.

Аягозский район расположен в юго-западной части Восточно-Казахстанской области, на юго-востоке Сарыарки. Территория района составляет 49,6 тыс. км<sup>2</sup> (1-е место в Восточно-Казахстанской области и 3-е в стране). Численность населения района на 1 января 2015 года составило 73 992 человек.

На востоке Аягозский район граничит с Тарбагатайским, на севере с Абайским и Жарминским районами, на юге с Урджарским районом и с Алакольским районом Алматинской области, на западе с Актогайским районом Карагандинской области.

Местность относится к пустынно-степному району Центрального Казахского мелкосопочника. Рельеф холмистый, слабо изрезанный ложбинами, балками. Холмы преимущественно каменистые небольшой высоты, по форме мелкосопочного характера.

В окрестностях станции протекает река Аягуз.

Древесная растительность отсутствует, поверхность почвы покрыта редкой пустынно-степной растительностью (типчак, полынь, колючка и др.). Часть земель возделывается под сельскохозяйственные культуры.

Участок относится к IV дорожно-климатической зоне.

В физико-географическом отношении исследуемый участок автомобильной дороги расположен в пределах полупустынной ландшафтной зоны умеренного пояса Западно-зайсанского района.

Ландшафт района представляет собой мелкосопочное предгорье с кустарниково-красноковыльной растительностью на горных каштановых почвах.

В геоморфологическом отношении исследуемый участок расположен в пределах тектоно-эрозионного мелкосопочника с преобладающими формами рельефа, которого являются гряды, гривы и увалы с абсолютными высотами выше 800 м и относительными превышениями в 50-200 м, а также в пределах пойменных и надпойменных террас р. Ащису.

Климат

Дорожно-климатическая зона – IV.

Климатические условия: по требованию к дорожно-строительным материалам – суровые; по требованиям к материалам для бетона – суровые.

Средняя температура воздуха + 3,4°C.

Наиболее холодный месяц – январь, средняя температура – 15,8°C. Наиболее жаркий месяц – июль, средняя температура +20,9°C. Абсолютный максимум температуры воздуха +40,3°C.

Абсолютный минимум температуры воздуха – 44,9°C.

Наиболее холодные периоды

Средние температуры °С с обеспеченностью

0.98            0.92

Пятидневка-34,4 -32,8

Сутки                    -37,6 -36,3

Нормативная глубина промерзания грунтов:

- суглинки и глины –181см,
- супеси и пески мелкие, пылеватые –220см,
- пески средние крупные, гравелистые – 235см,
- крупнообломочные грунты – 267см.

Среднегодовое количество осадков - 288мм, в том числе в теплый период – 182мм, в зимний период –106мм. Толщина снежного покрова с 5% вероятностью превышения –68см

Скорость ветра: среднегодовая – 4.2м/сек; максимальная среднемесячная – 4.7м/сек; максимальная – 38м/сек.



Количество дней с гололедом – 5; с градом – 2; с туманом – 4.

Преобладающее направления ветра- за декабрь-февраль С - за июнь-август СВ.

Расчетные объемы снегопереноса по направлениям, м<sup>3</sup>/%

Говорить о долговечности асфальтобетона можно бесконечно. Хотелось бы отметить что этот раздел посвящен технологии устройства, укладки и в целом сооружения асфальтобетонных покрытий очень важен, и учитывая тему своей научной работы, хотелось бы в большей степени и в большем объеме развернуть эту часть, далее описывается, что на долговечность асфальтобетона влияет технология строительства, и только потом мы должны перейти к более тонким моментам касающихся подборов смесей, в частности отдельных материалов.

Асфальтобетоны производятся из асфальтового вяжущего, которое представляет собой смесь битума и минерального порошка тонкого помола, крупного заполнителя – щебня или гравийной смеси и заполнителя мелкой структуры – песка.

Асфальтобетоны принято укладывать в нагретом или охлажденном состоянии. Широко применяются горячие асфальтобетонные смеси, которые имеют температуру при укладке от 140 до 170 °С.

Для приготовления горячего асфальтобетона предварительно сушат и подогревают до 180-200 оС минеральные неотъемлемые составляющие бетона (минеральный порошок тонкого помола, песок и щебень) загружают в смеситель, перемешивая их в котором добавляется расплавленный битум. Готовые асфальтобетонные смеси укладывают в катки и ими же уплотняют смеси, это очень важный момент касаясь технологии укладки асфальтобетона, смесь может быть хорошей, но в случае не правильной укладки либо с нарушением температурного режима, мы однозначно столкнемся с проблемами касаясь ухудшения качества готовой смеси.

Хочу отметить, если смесь выпустить недостаточной температуры мы не сможем добиться требуемого коэффициента уплотнения, отсюда будет вытекать ряд следующих проблем, таких как просадки, трещины и прочие моменты. С

такими же проблемами мы столкнемся если температура смеси будет превышать требуемых норм, здесь мы столкнемся с пережогом битума в смеси.

Через 1...2 часа асфальтобетон отвердевает, приобретая прочность камня, т е за это время мы должны уложить смесь не нарушая технологию, соблюдая лабораторный, операционный контроль.

#### Возможные дефекты асфальтового покрытия

Некачественные швы являются правила укладки. Чтобы их избежать, холодный край разогревается газовыми горелками, и только потом укладывается горячая смесь.

Следствием неправильной работы асфальтоукладочной машины может стать разная толщина слоёв или продольные трещины, поэтому оборудование должно хорошо регулироваться.

Так же отмечу, что качество асфальтового бетона резко зависит от его состава, технологии приготовления, укладки и уплотнения.

В процессе эксплуатации дорожное полотно подвергается воздействию со стороны транспорта, создавая механические сжатия, стирания, образование трещин, появление механических усилий, что может вызвать в слое асфальтобетонного покрытия неизменные ухудшения свойств и структуры, снижающие его долговечность.

Основными причинами раннего разрушения дорожных покрытий являются плохое качество используемых материалов и низкий навык умения производства асфальтобетонного покрытия, а также сами методы проектирования состава асфальтобетон, которые несовершенны.

На срок службы дорожного полотна очень много влияет, вся сложность состоит в неровности проезжей части, обычно случаются разрушения, которые образуются в результате слабого доуплотнения горячего покрытия асфальтобетона, связанным с урезанными нормами для температуры при укладке и, как обычно происходит, с высокой пористостью и высоким водонасыщением.

Всю историю дорожного ремесла, наука не заставляла себя долго ждать. Создавались новые материалы (например, ЩМА), разрабатывались и внедрялись новые элементы (геосетки), модернизировались технологии производства и контроля качества. Только вот ощутимых результатов в области повышения долговечности дорожных одежд в настоящее время нет.

Для того чтобы не допустить преждевременное разрушение асфальтобетонных покрытий, требуется сначала выявить причины этих разрушений.

Проведенные неоднократно научные исследования и наблюдения способствовали зафиксировать следующее:

- дорожные конструкции, также и асфальтобетонные покрытия, при эксплуатации не проявляют и не дают необходимую прочность;
- неудовлетворяющая прочность покрытий закладывается на этапе самого проектирования, так как при расчетах на прочность вообще не учитывается дополнительное динамическое воздействие на дорожные слои, к примеру - вибрационное нагружение;
- вибрационное нагружение по деформационной способности не только схоже с нагрузками от колес движущегося автомобильного транспорта, но, обладая спецификой знакопеременных деформаций, может быть значительно влияющим, чем другие виды разрушений;

износостойкость асфальтобетонных покрытий тесно связана с уровнем вибрационных нагружений (большой уровень – малая долговечность); уровень вибрационного нагружения можно регулировать и формировать его и, как правило, повышать износостойкость асфальтобетонных покрытий.

Асфальтовое покрытие при правильной укладке выдерживает большие нагрузки, этому способствует марка асфальта, которую законодательно закрепляет ГОСТ 11-10-75: М1200 – для автодорог, М1000 – для тротуаров и дорожек.

Асфальт экологичен, имеет высокий показатель практичности и привлекательный внешний вид, несколько трудоёмок в изготовлении и Вибрация слоев дорожной одежды.

При воздействии колес движущихся автомобилей на дорожную конструкцию в ней возбуждаются свободные затухающие колебания, которые развиваются в каждом слое дорожной одежды и грунте земляного полотна. В связи с тем, что все эти элементы имеют между собой упругие и инерционные связи, их колебания совершаются как совместные и взаимосвязанные.

Колебания дорожных конструкций можно зафиксировать с помощью вибродатчиков, установленных на поверхности покрытия, как это показано на рисунке 1.

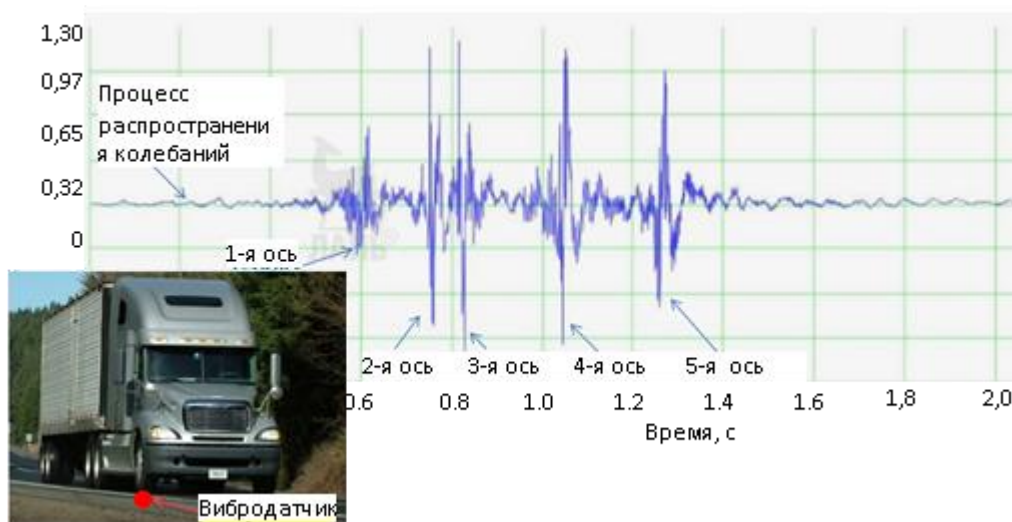


Рисунок 1 - Показания с вибродатчиков

Представленная на рис. 1 экспериментальная запись вибрации используется в качестве амплитудно-временной характеристики отклика дорожной конструкции на внешнее воздействие колес.

Экспериментальные записи колебательных процессов реальных дорожных конструкций позволяют выявить некоторую совокупность частот колебаний всей

системы и оценить уровни этих колебаний по величинам виброускорений, виброскоростей и виброперемещений. К сожалению, все эти показатели малоинформативные для оценки прочности или долговечности дорожных конструкций.

Для прогнозирования долговечности асфальтобетонных покрытий на основе их усталостной прочности разработан и предложен графоаналитический метод.

Алгоритм реализации метода заключается в следующем: рассчитывается теоретическая кривая усталости асфальтобетонного покрытия по уравнению

$$\sum N_{p15} = \left( \alpha K_2 (1 - v_{Rt}) \frac{R_0}{R_N} \right)^m,$$

где  $R_0$  – нормативное значение предельного сопротивления растяжению при изгибе;  $R_N$  – предельное растягивающее напряжение;  $K_2$  – коэффициент, учитывающий влияние погодных-климатических факторов ( $K_2 = 0,8$ );  $V_R$  – коэффициент вариации прочности на растяжение ( $V_R = 0,1$ );  $t$  – коэффициент нормативного отклонения ( $t = 1,71$ );  $\alpha$  – коэффициент уточнения;  $m$  – показатель, зависящий от свойств материала;

рассчитываются кривые нагружения конкретных спроектированных дорожных конструкций

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{T-1}} T_{p,дг} K_n,$$

где  $N_p$  – интенсивность движения на конец срока службы, авт./сут.;  $\sum N_p$  – сумма нагружений за весь период работы, авт.;  $K_c$  – коэффициент суммирования,

$$K_c = \frac{q^T - 1}{q - 1};$$

$q$  – показатель приращения интенсивности по годам;

$T_{p,дг}$  – число расчетных климатических дней в году, дн.;

$K_n$  – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого;

Строится номограмма определения сроков усталостного разрушения дорожного покрытия. Вид номограммы показан на рис. 2.

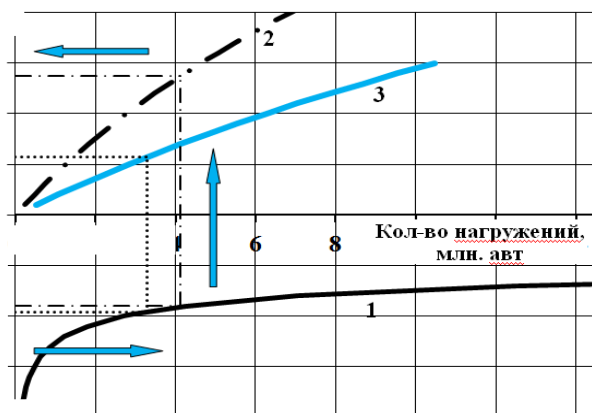


Рисунок 2 - Диаграмма определения прогнозируемых сроков усталостного разрушения дорожного покрытия с учетом вибрации

- 1 – кривая усталости;
- 2 – то же вибронагружения виброзащищенного конструктивного варианта;
- 3 – то же традиционной конструкции

Как видно из номограммы, по ней можно спрогнозировать долговечность асфальтобетонного покрытия, а также дать сравнительную оценку прочностных качеств покрытий для различных дорожных конструкций. На рис. 2 представлена кривая нагружения для конструкции с пониженным уровнем вибронагружений.

Так же хочу отметить, что нужно учитывать в целом всю конструкцию реконструируемого участка, если же говорить о долговечности асфальтобетона, мы должны анализировать, с самого начала строительства, то есть от земляного полотна, оснований автомобильных дорог, и только после этого мы можем говорить о асфальтобетоне в целом.

Для долговечности асфальтобетона нужно уделить особое внимание операционному и входному контролю всех конструктивных слоев, наиболее важный момент, это требуемое проектное уплотнение, опыт показал что при упущении этих показателей, не одна качественно подобранная смесь (в нашем

случае мы говорим о покрытии асфальтобетона) не будет служить долго, это проявится в виде кочек, ям.

И не заставит себя долго ждать, мы явно увидим деформацию асфальтобетонного покрытия.

В производстве работ хотелось бы понаблюдать за поведением асфальтобетона после зимнего периода, с применением ГЕО Решетки DUALEX (которая является трещино-прерывающей прослойкой) между ЩПЦС основанием (щебеночно песчаная цементная смесь) и асфальтобетонным покрытием.

На протяжении многих лет наблюдались трещины на цементном основании, засчет которых разрывало и асфальтобетонное покрытие, низкие температуры и нагрузка не заставляли долго ждать, не зависимо от подобранных подборов смеси, начиная от 8% добавления цемента снижая до 3%, после зимнего периода появлялись трещины.....

В своей научной работе хотелось бы показать и поделиться опытом, а также введением новых импортных материалов в виде георешетки, которая напрямую влияет на сохранность и долговечность асфальтобетона....

Были испытаны 3 вида георешеток:

Dualtex Pet 50/50 (Белорусия)

Ультранит Асфальт 50/50-40 (Россия)

Geonor Composit (Россия)

Из них георешетка из Белоруссии показала наиболее качественные результаты, трещино-прерывающая прослойка пропитанная битумом, весом 300гр на 1м<sup>2</sup>

Отсюда можно делать выводы, и предполагать о безопасности асфальтобетонного покрытия, о хорошем сцеплении, так как решетка с пересекающимися волокнами уже пропитана битумом, а это говорит об удобоукладываемости и хорошем сцеплении слоев.

По мимо вышеуказанных факторов , особое внимание нужно уделить битуму.

## 1.1 Роль битума в дорожных покрытиях

В создании прочного и долговечного дорожного покрытия наиболее ответственная роль принадлежит битуму — этому важнейшему строительному материалу. Далек не каждый нефтяной битум способен работать в дорожном покрытии, обеспечивая его высокие транспортно - эксплуатационные качества на протяжении многих лет эксплуатации, с учетом указанных выше разнообразных условий работы битума в дорожных конструкциях количественные требования к битумам могут различаться. Однако основной комплекс структурно-механических свойств является обязательным для всех классов и марок дорожных битумов.

## 1.2 Адгезия битума: проблемы и способы их решения

Одной из важнейших составляющих качества и долговечности дорожных покрытий является прочность сцепления битумных вяжущих с минеральными материалами. Если это условие не выполняется, то возникают явления эрозии, шелушения, выкрашивания и образования трещин. Дорожное покрытие перестает быть водо- и морозостойким. Адгезия битума – это межфазное взаимодействие между поверхностями различной природы, которые пребывают в контакте.

В случае строительства дорожных покрытий в качестве первой поверхности выступает битум, а в качестве второй – минеральный материал. Понятно, что чем прочнее такая связь, тем более долговечной и качественной будет дорога. Поэтому адгезия является одной из основополагающих эксплуатационных характеристик битумов



### 1.3 Образование адгезионной связи

Адгезионная связь обычно образуется в течение двух стадий. Вначале имеет место перемешивание молекул битума к поверхности субстрата и их определенное ориентирование в межфазном слое (транспортная стадия). Чтобы это стало реальностью, необходимо перевести битум в жидкое состояние путем плавления.

Далее идет непосредственное взаимодействие битума и минерального материала за счет сил различной природы (химические, силы Ван-дер-Ваальса и т.д.). Процесс адгезии завершается межмолекулярным взаимодействием контактирующих фаз – битум окончательно твердеет.

### 1.4 Проблема адгезии битумных материалов

Адгезия может возникнуть только тогда, когда на поверхности раздела пленки битума и минерального материала образуется двойное электрическое поле. Поэтому на сам процесс большое влияние оказывает полярность асфальтенов и мальтенов битума, которую можно охарактеризовать электропроводностью данных веществ в неполярных растворителях.

По своей природе дорожный битум является гидрофобным, хотя и содержит некоторый гидрофильные компоненты (органические асфальтеновые и нафтеновые кислоты). Именно они могут взаимодействовать с минеральными материалами по механизму хемосорбции.

Другие составляющие битума (смолы, полициклические ароматические соединения, гетероатомсодержащие соединения) не способны обеспечить необходимую адгезию битума. Мало влияют на взаимодействие с минеральной частью асфальтобетона и кислородсодержащие соединения.

## 1.5 Пути решения проблемы

Среди возможных путей улучшения качества асфальтобетонных смесей необходимо выделить предварительную обработку минеральных составляющих. Если приходится иметь дело с песчано-гравийными смесями, то адгезия битума может быть улучшена путем орошения минеральных компонентов растворами солей алюминия и железа. Они выступают в роли катионов, которые прочно связываются с ОН-группами силиката и позволяют добиться прочного закрепления битумной пленки. Такое решение позволяет повысить сцепление битума с поверхностью как минимум на порядок. За счет этого улучшаются физико-химические показатели асфальтобетонов.

Также адгезия может быть улучшена путем использования поверхностно-активных веществ, которые способствуют снижению поверхностного натяжения и усилению адсорбционных и хемосорбционных процессов на границе раздела фаз.

Часто дорожниками в качестве адгезионных добавок используются отходы химической, пищевой и лесохимической промышленности, эффективность которых оставляет желать лучшего, что вызвано непостоянностью состава и неконтролируемыми показателями качества.

## 2 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью работы является разработка асфальтобетонной смеси.

Основной задачей современных исследований с целью получения оптимальной структуры и наилучших свойств асфальтобетона является создание материала с повышенной долговечностью и эксплуатационными показателями, которые сохраняют стабильность в течение максимально возможного межремонтного срока службы асфальтобетонного покрытия. А так же внедрение модифицирующих добавок.

А так же внедрение модифицирующих добавок:

- Адгезионные добавки
- Полимеры улучшающие морозостойкость
- Полимер способствующий уменьшению коллейности
- Укладка георешетки между основанием и покрытием

### 3 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 3.1 Требования к материалам для асфальтобетон

В этом разделе хотелось бы описать основные материалы и компоненты, имеющиеся в асфальтобетонной смеси, дать характеристику материалам и описать методы исследований и испытаний.

Асфальт состоит из таких материалов как: щебень или гравий (могут быть разные разновидности щебня и гравия), песок, битум и минеральный наполнитель.

#### 3.2 Классификация асфальтобетона

«Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон ГОСТ 9128-97. Технические условия» Устанавливает следующие классификационные признаки асфальтобетона.

Асфальтобетонные смеси на вязких битумах называются горячими, на жидких – холодными. По наибольшей крупности минеральных зерен асфальтобетон может быть крупнозернистым – до 40 мм, мелкозернистым – до 20 мм и песчаным до 5 мм. По пористости асфальтобетон из горячих смесей подразделяется на разновидности:

- высокоплотные 1...2,5% пор по объему;
- плотные 2,5...5,0% пор;
- пористые 5...10% пор;
- высокопористые 10...18% пор.

В зависимости от содержания щебня плотный асфальтобетон подразделяется на типы:

- А – 50...60%;
- Б – 40...50%;

В – 30...40%;

Г – песчаный с искусственным (дробленным) песком;

Д – песчаный с природным песком.

Для обозначения холодных смесей добавляется индекс х, например, Бх, Вх и т.д.

В своей научной работе я буду конкретизировать материалы, которые буду использовать в своем подборе.

### 3.3 Минеральные материалы для асфальтобетона

#### 3.3.1 Щебень (ГОСТ 8267-93)

Щебень – дробленый и разделенный на фракции материал из монолитных горных пород, или получаемый дроблением гравия. Для дробления используют в основном граниты и известняки и применяют различные по конструкции и мощности камнедробильные машины, от которых зависит качество получаемой продукции. Лучшей формой зерен щебня считается кубовидная или тетраэдрическая.

Производство щебня включает следующие этапы: добычу камня, дробление, сортировку (грохочение). Добыча камня производится в карьерах в основном буровзрывным способом, затем сырье доставляется на дробильно-сортировочный завод.

Содержание зерен щебня лещадной (ширина их в 3 раза превышает толщину) и игловатой (длина в 3 и более раза превышает толщину и ширину) формы не должно быть больше допустимых стандартов, приведенных ниже.

Нормируемый показатель содержания в щебне зерен пластинчатой и игловатой формы не должен превышать требуемых показателей.

Для дорожного строительства щебень применяют в основном четырех фракций: с размером зерна 5-10; 10-20; 20-40; 40-70(80) мм.

Поверхность асфальта должна выдерживать множество нагрузок. По ней ходят люди, проезжают тысячи автомобилей. Оказывают негативное влияние и атмосферные факторы – перепады температур, осадки. Поэтому для изготовления асфальтобетона следует выбирать особый щебень. Требования к нему достаточно высокие.

При выборе следует обратить внимание на следующие свойства щебня:

- Вид
- Фракцию
- Лещадность
- Адгезию
- Прочность
- Истираемость
- Морозостойкость
- Содержание зерен слабых пород
- Содержание пылевидных частиц и комков глины
- Водопоглощение
- Насыпную плотность
- Радиоактивность

Большинство характеристик регулируется ГОСТами 9128-2013 (для асфальтобетонных смесей) и 8267-93 (для щебня в строительных работах). Подробное описание каждого свойства с его нормативными показателями вы найдете ниже в ссылках со списка литературы.

### 3.3.1.1 Вид

Для изготовления асфальтобетона рекомендуют брать щебень из пород магматического происхождения.

Среди них:

- Гранит
- Диорит
- Габбро
- Базальт
- Диабаз
- Сиенит

Они обладают достаточной прочностью, износоустойчивостью, высокой морозостойкостью и могут переносить большие нагрузки.

Неплохими характеристиками обладают некоторые метаморфические породы:

- Серпентинит
- Амфиболит

По прочности и морозостойкости они не уступают популярным граниту или габбро. Амфиболит может даже превосходить некоторые магматические разновидности. Его часто используют при изготовлении асфальта на взлетных полосах.

Щебень из осадочных пород (известняка, доломита, песчаника, брекчии) в дорожном строительстве используют редко. Но он широко применяется при изготовлении асфальта для дворов, пешеходных дорожек, тротуаров, дорог низких категорий. Ведь цена у этого продукта ниже. Но для ответственных работ следует выбирать разновидности с высокими показателями прочности и морозостойкости.

### 3.3.1.2 Фракция

Согласно ГОСТу, в состав асфальтобетона должны входить частицы с размерами 40 мм, 20 мм, 15 мм, 10 мм и 5 мм. Процентное соотношение частиц зависит от разновидности.

Оптимальный состав асфальта могут обеспечить следующие фракции щебня:

- 5-10
- 5-20
- 10-15
- 10-20
- 15-20
- 20-40

Среди перечисленных видов есть стандартные (5-10, 5-20, 10-20, 20-40) и нестандартные (5-15, 10-15, 15-20). С помощью нестандартных фракций можно лучше регулировать зерновой состав асфальтобетонной смеси. Но они есть не на всех предприятиях, так как для получения нужно иметь сита с определенным размером ячеек.

#### **По зерновому составу асфальтобетон разделяют на:**

Асфальт с крупным щебнем (или крупнозернистый) с максимальным размером частиц 40 мм

Для его изготовления чаще всего используется фракция 20-40. Более мелкий щебень (5-10, 5-20, 10-20) добавляется для увеличения плотности.

Асфальт с мелким щебнем (он же мелкозернистый, до 20 мм)

Основу составляют фракции 5-20 и 10-20. Также для улучшения зернового состава добавляют 5-15, 10-15, 15-20.



Крупнозернистые смеси используются для создания нижних слоев асфальтового покрытия. Они обеспечивают прочность и упругость. Сверху полотно заливают мелкозернистым асфальтобетоном, чтобы покрытие было ровным, а нагрузка одинаково распределялась по всей площади.

### 3.3.1.3 Лещадность

Оптимальная форма щебня для асфальта – кубическая и тетраэдрическая. Такие камни хорошо трамбуются и уплотняются. Но в процессе дробления породы могут образовываться игловидные и плоские частицы. Их называют лещадными.

Государственные стандарты строго прописывают, сколько этих зерен может быть в асфальтобетоне:

До 15% для типа А (I и II группы по лещадности)

До 25% для типа Б (III группа)

До 35% для типа В (IV группа)

Чем меньше лещадность, тем плотнее и прочнее получается асфальт. Поэтому для автомагистралей с интенсивным трафиком рекомендуют брать материал первой группы. Для покрытия двора или дорожек вполне подойдет щебень со средней лещадностью. Он стоит дешевле.

### 3.3.1.4 Адгезия

Щебень хорошо сцепляется с поверхностью битума благодаря шероховатой поверхности и разницы электрических потенциалов камня и вяжущего вещества. Это свойство называют адгезией. У разных видов она может отличаться.

Для проверки образец обрабатывают битумом, а после высыхания опускают в кипящую воду на 30 минут. От щебня с хорошими адгезивными свойствами вяжущий компонент не отлипает. Если поверхность камня оголяется наполовину, адгезия считается удовлетворительной. Такой материал можно использовать для асфальтирования пешеходных зон, дорог с невысоким трафиком. Если битум отстает больше, чем на 50%, такой щебень для асфальта не годится.

### 3.3.1.5 Прочность

Щебень испытывается на прочность путем механического (раздавливающего) действия. Делают это в лаборатории. Для этого образец сжимают в цилиндре с определенной силой.

После этого определяют 2 параметра:

Давление, которое необходимо приложить для разрушения зерен

Потерю массы после отсеивания мелких частиц (марку по дробимости)

Прочность при сжатии магматических и метаморфических пород должна быть не меньше 100-120 МПа. Для осадочных допускаются цифры 80-100 МПа. Эти разновидности щебня используют для покрытий с меньшей нагрузкой. Кроме того, осадочные породы лучше сцепляются с битумом, что само по себе обеспечивает прочность асфальта.

Марку по дробимости выбирают в зависимости от вида асфальта:

А – от М1200

Б – от М1200 (для осадочных пород от М1000)

Бх (холодный асфальт) – от М1000 (для осадочных – от М800)

В – от М800 (для осадочных от М600)

Если взять щебень со слишком низкой маркой по дробимости, он быстро разрушится под давлением транспорта. На асфальте появятся небольшие

дефекты, которые со временем превратятся в ямы. Прочность влияет и на другие показатели, о которых мы поговорим дальше.

### 3.3.1.6 Истираемость

Асфальтовое покрытие постоянно подвергается динамическим нагрузкам, ведь по нему ездят автомобили, двухколесный транспорт, ходят сотни людей. Устойчивость к таким воздействиям определяется маркой по истираемости. Испытания щебня проводят в барабанах, прокручивая образцы с металлическими шариками. Затем подсчитывают потерю массы и по ее проценту присваивают марку.

Щебень по этому показателю тоже выбирают в зависимости от типа асфальтобетона:

А – И1 (до 25% потери массы)

Б – И1 или И2 (25-35%) для осадочных пород

Бх – И2

В – И3 (35-45%)

На истираемость влияет прочность щебня. Показатель всегда выше у гранита, базальта, амфиболита, ниже у серпентинита, известняка.

### 3.3.1.7 Морозостойкость

Вы, наверное, не раз замечали, как после зимы асфальт на дорогах трескается или просто сползает. Почему это происходит?

Температура в холодное время года зачастую опускается ниже нуля. При этом в мелких трещинах и порах замерзает вода, которая попадает в них вместе с осадками, превращаясь в лед. Он расширяется и постепенно разрушает покрытие. Чем меньше таких пустот, тем дольше прослужат дорога или тротуар.

В первую очередь устойчивость к морозам зависит от щебня. Чем он прочнее, тем меньше реагирует на перепады температур. Выбирать материал стоит в зависимости от региона. Для строительства в тропической, субтропической и умеренной зонах морозостойкость щебня должна быть не ниже F50 (наш регион также расположен в умеренной). Это значит, что материал должен выдерживать до 50 циклов заморозки и оттаивания. Хотя для дорожного строительства часто берут камни с более высокими показателями.

Морозостойкость во многом зависит от прочности щебня. Например, у магматических и метаморфических пород она в среднем F200-F300, у осадочных бывает больше F100-F150.

#### 3.3.1.8 Содержание зерен слабых пород

В щебне почти всегда есть примеси других, более слабых пород. Чем прочнее исходный материал, тем меньше таких включений. Например, согласно ГОСТу, если прочность материала M1000-M1400, в нем должно содержаться не больше 5% зерен слабых пород (от общей массы), а при M400-M800 – до 10%.

Слабые зерна разрушаются под воздействием ударов и давления, что ведет к нарушению целостности асфальтового покрытия. Поэтому их содержание не должно превышать нормы, прописанные в ГОСТе.

#### 3.3.1.9 Содержание пылевидных частиц и комков глины

Глиной щебень загрязняется во время добычи. Пылевидные частицы могут также попадать в материал из карьеров или образовываться в процессе дробления. Если таких примесей много, повышается водопоглощение щебня, ухудшается его сцепление с битумом. В результате снижаются морозостойкость и прочность асфальтобетона.

Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне для асфальта не должно превышать 0,5%. Если их больше, материал промывают. Но такая процедура несет дополнительные затраты. Поэтому лучше сразу покупать чистый продукт, в котором количество примесей не превышает нормы. Меньше всего их в щебне из прочных магматических пород (гранитном, диоритовом, габбро).

#### 3.3.1.10 Водопоглощение

Способность поглощать воду свойственна любой горной породе. Больше всего жидкости впитывают в себя разновидности с высокой пористостью (туф, известняк, песчаник), намного меньше – плотные магматические породы.

При высоком показателе водопоглощения падает прочность материала и снижается его морозостойкость. Для снижения параметра иногда щебень сразу после дробления обрабатывают кремнийорганическими жидкостями, жидким битумом, отработанным машинным маслом. Такая методика применяется в тех случаях, когда нужно получить материал с очень низким водопоглощением. Например, это практикуют при создании покрытий на взлетных полосах и автомагистралях в регионах с высоким уровнем годовых осадков или на заболоченной местности.

#### 3.3.1.11 Насыпная плотность

Насыпная плотность показывает, какой объем будет занимать определенная масса щебня при свободной засыпке в траншею или в кузов автомобиля. Показатель важно знать, чтобы правильно рассчитать количество транспорта для перевозки, перевести кубометры в килограммы и наоборот.

Показатель зависит от вида щебня и фракции. В среднем он равен 1500 кг/м<sup>3</sup>.

### 3.3.1.12 Радиоактивность

Некоторые магматические породы (в первую очередь гранит) имеют природную радиоактивность. В редких случаях щебень может загрязняться техногенным путем. Для безопасности следует проверить показатель перед использованием материала для асфальтобетона.

Существует несколько классов радиоактивности. Они регулируются ГОСТом.

Породу с определенным фоном используют для разных целей:

До 370 Бк/кг – ее можно применять для любого асфальтобетона

До 740 Бк/кг – ее не желательно использовать для дорог в пределах жилой зоны

До 1500 Бк/кг – она подходит для асфальтирования дорог вне жилых массивов, городов и сел

Щебень с более высокими показателями можно применять лишь по согласованию с СЭС. Но в природе очень редко встречаются породы с такой естественной радиоактивностью.

### 3.3.2 Песок (ГОСТ 8736)

Песком называют рыхлую смесь зерен материала природного или искусственного происхождения размером от 0,16 до 5 мм.

По минерало-петрографическому составу различают кварцевые, полевошпатные, карбонатные и другие пески. Как правило, лучшие по качеству пески – кварцевые, и они чаще других используются. Однако при производстве бетонов и асфальтобетонов их можно заменять на другие пески.

По происхождению пески подразделяются на горные (овражные), речные, морские, барханные, дюнные и др. Каждый из них имеет положительные и отрицательные свойства: горные пески содержат повышенное содержание глины, но обладают неокатанной формой зерен, более благоприятно влияющей на прочность сцепления с цементным камнем в бетоне. Морские могут содержать обломки раковин, снижающих прочность бетонов и асфальтобетонов. Кроме того, речные и морские пески имеют гладкую поверхность зерен, не обеспечивающую достаточного сцепления с вяжущим веществом, но они более чистые. Дюнные и барханные сложены очень мелкими частицами, не отвечающими требованиям стандартов.

Показателями, характеризующими пески, являются:

- зерновой состав и модуль крупности;
- содержание пылеватых и глинистых частиц;
- минерало-петрографический состав.

В асфальтобетонах могут применяться различные пески. Крупные пески оцениваются модулем крупности  $M_{кр} > 2,5$  и содержанием в них зерен крупнее 0,63 более 50%. Пески средние оцениваются модулем крупности  $M_{кр} = 2 - 2,5$  и содержанием в них зерен крупнее 0,315 в пределах 35- 50%.

Применяемый для асфальтобетонов песок природный и из отсевов дробления горных пород должен соответствовать требованиям ГОСТ 8736, согласно которому содержание глинистых частиц не должно превышать 0,5% для асфальтобетона марок I и II, и не более 1% для марки III.

Прочность песков оценивается по прочности горных пород, при естественном разрушении которых они образуются (природные пески), или из которых получают при дроблении (дробленые пески).

### 3.3.3 Минеральный порошок (ГОСТ Р 52129-2003)

Он представляет собой полидисперсный материал и является важнейшим структурообразующим компонентом асфальтобетона. На его долю приходится до 95% суммарной поверхности минеральных зерен асфальтобетона.

Основное назначение минерального порошка – переводить объемный битум в пленочное состояние. При этом повышается вязкость и прочность битума.

Технические характеристики минерального порошка.

Данный продукт мелкодисперсный, он имеет большую площадь поверхности за счёт мелкого размера частиц, входящих в его состав.

Благодаря такой структуре известняковый продукт обладает адсорбирующими свойствами. При добавлении продукта в битум, он адсорбирует на себя его, придавая прочность асфальтному покрытию. Производят данный продукт способом тонкого помола известняковых пород и доломита. Для получения активированного порошка к обычному минеральному сырью добавляют битум и поверхностно-активные вещества.

Технические характеристики согласно ГОСТ:

содержание воды в продукте не превышает 0,5 %;

разбухание при контакте с битумной смолой не превышает 1,8 %;

количество веществ, нерастворимых в воде не нормируется; продукт представляет собой сыпучий, сухой порошок без посторонних примесей;

при соблюдении требования к хранению и перевозкам срок его службы неограничен.

Стандарт, по которому производят готовый продукт, распространяется как на активированный так и не на активированный порошок. На продукты, получаемые из не карбонатных горных пород ГОСТ 51 129 – 2003 не распространяется. Данный порошок при смешивании с битумом поглощает большую его часть. Благодаря этому асфальт приобретает необходимые



характеристики. При этом качество конечного материала, то есть асфальтного покрытия, существенно возрастает.

Эта продукция производится по стандарту ГОСТ 512129-2003. Нормы, регламентируемые данным ГОСТ, распространяются также на активированные порошковые смеси, состоящие из доломита, извести и других минералов. Действие стандарта не распространяется на минеральные смеси, которые получают из некарбонатных пород.

В промышленности производят две разновидности продукта – активированный и неактивированный. Применение той или иной разновидности сырья обусловлено требованиями технических условий, предъявляемых к продукту. Минеральные порошковые смеси получают так же при переработке отходов промышленных производств, таких как некондиционный бетон, битый кирпич. Активированный В продукте присутствуют добавки поверхностно активных веществ.

Активированные смеси получают помолом различных ископаемых пород и отходов промышленных производств, в виде добавки используют поверхностно-активные вещества. Поверхностно-активные вещества придают порошку водоотталкивающие свойства.

### 3.3.4 Битум (ГОСТ 22245-90)

Он представляет собой полидисперсный материал и является важнейшим структурообразующим компонентом асфальтобетона. На его долю приходится до 95% суммарной поверхности минеральных зерен асфальтобетона.

Основное назначение минерального порошка – переводить объемный битум в пленочное состояние. При этом повышается вязкость и прочность битума.

Технические характеристики минерального порошка.

Данный продукт мелкодисперсный, он имеет большую площадь поверхности за счёт мелкого размера частиц, входящих в его состав.

Благодаря такой структуре известняковый продукт обладает адсорбирующими свойствами. При добавлении продукта в битум, он адсорбирует на себя его, придавая прочность асфальтному покрытию. Производят данный продукт способом тонкого помола известняковых пород и доломита. Для получения активированного порошка к обычному минеральному сырью добавляют битум и поверхностно-активные вещества.

Технические характеристики согласно ГОСТ:

содержание воды в продукте не превышает 0,5 %;

разбухание при контакте с битумной смолой не превышает 1,8 %;

количество веществ, нерастворимых в воде не нормируется; продукт представляет собой сыпучий, сухой порошок без посторонних примесей;

при соблюдении требования к хранению и перевозкам срок его службы неограничен.

Стандарт, по которому производят готовый продукт, распространяется как на активированный так и не на активированный порошок. На продукты, получаемые из не карбонатных горных пород ГОСТ 51 129 – 2003 не распространяется. Данный порошок при смешивании с битумом поглощает большую его часть. Благодаря этому асфальт приобретает необходимые характеристики. При этом качество конечного материала, то есть асфальтного покрытия, существенно возрастает.

Эта продукция производится по стандарту ГОСТ 512129-2003. Нормы, регламентируемые данным ГОСТ, распространяются также на активированные порошковые смеси, состоящие из доломита, извести и других минералов. Действие стандарта не распространяется на минеральные смеси, которые получают из некарбонатных пород.

В промышленности производят две разновидности продукта – активированный и неактивированный. Применение той или иной разновидности

сырья обусловлено требованиями технических условий, предъявляемых к продукту. Минеральные порошковые смеси получают так же при переработке отходов промышленных производств, таких как некондиционный бетон, битый кирпич. Активированный В продукте присутствуют добавки поверхностно активных веществ.

Активированные смеси получают помолом различных ископаемых пород и отходов промышленных производств, в виде добавки используют поверхностно-активные вещества. Поверхностно-активные вещества придают порошку водоотталкивающие свойства.

#### 3.3.4.1 Температура размягчения

Она определяется по ГОСТ 11506 на приборе “Кольцо и шар”. Для испытаний готовят образцы битума в латунных кольцах, которые помещают в прибор над отверстиями в подвеске. Прибор заполняют водой, водой с глицерином или глицерином (в зависимости от температуры размягчения). На поверхность битумных образцов помещают стальные шарики, а прибор нагревают до температуры, при которой они продавливают битум и касаются основания прибора.

Эта температура называется температурой размягчения.

Большое значение имеет соотношение между глубиной погружения иглы и температурой размягчения. Более ценными являются битумы, у которых при данной температуре размягчения более высокий показатель глубины погружения иглы. Это будет означать относительно меньшую восприимчивость битумов к изменению температуры.

### 3.3.4.2 Температура хрупкости

Это характеристика вязкости дорожно-строительных битумов при отрицательных температурах. Она определяется на приборе Фрааса. Определение производится в тонком слое битума, нанесенном на металлическую пластинку. Пластинка подвергается изгибанию при равномерно снижающейся температуре. Температура, замеренная в момент появления излома в испытуемом слое битума, принимается за температуру хрупкости. Температура хрупкости – это та температура, при которой битум становится хрупким, т.е. теряет свои вязко-пластичные свойства. Хрупкость битума, а естественно и хрупкость асфальтобетона, отрицательно сказывается на эксплуатационных свойствах дорожных покрытий:

- повышается склонность к образованию трещин;
- выкрашивается покрытие.

Поэтому, чем ниже температура хрупкости, тем больший температурный интервал, в котором битум находится в вязко-пластичном состоянии, и тем лучше его дорожно-эксплуатационные свойства.

### 3.3.4.3 Растяжимость

Это свойство битумов принято оценивать по их способности растягиваться в нить определенной длины под действием нагрузки. Определение растяжимости (дуктильности) производится по ГОСТ 11505 с помощью дуктилометра, в котором битумный образец в виде восьмерки растягивается с постоянной скоростью. Длина нити в момент разрыва, выраженная в см, является показателем растяжимости. Чем больше вязкость битумов, тем меньше его растяжимость, т.е. чем меньше глубина проникания иглы, тем меньше его растяжимость.

Носителем эластичности битумов являются смолы, чем больше смол, тем больше растяжимость.

С растяжимостью битума при низких температурах связана деформативность асфальтобетона. Это очень важное свойство. Недостаточная деформативность приводит к появлению в дорожных покрытиях трещин и к быстрому разрушению асфальтобетона.

Растяжимость определяется при 25°С и скорости растягивания битумного образца-восьмерки, равной 5см/мин.

#### 3.3.4.4 Водостойкость

Она характеризуется содержанием водорастворимых соединений (в битуме их содержится не более 0,2...0,3% по массе). Чем меньше содержание водорастворимых веществ, тем более водостоек битум, что положительно влияет на долговечность асфальтобетонного дорожного покрытия.

#### 3.3.4.5 Старение битумов

Под старением битумов подразумевают совокупность всех химических и физических процессов, приводящих со временем к изменению их свойств. Обычно на битумы действуют тепло, солнечный свет, кислород воздуха, озон, вода, бактерии, а на битумы в дорожных покрытиях – динамические нагрузки от автомобильного транспорта.

Оценка интенсивности старения битумов основана на изучении степени изменения свойств в результате нагрева. По ГОСТ 22245-90 изменение их свойств определяют после нагревания образца битума до 160°С в течение 5 часов.

Повышение сопротивления старению битумов обеспечивают добавками ингибиторов, способствующих подавлению окислительных процессов,

например, продуктов алкилирования п-крезола изобутиленом. Замедлению старения битума способствует введение в состав асфальтобетона сажи или технического углерода. Добавки алифатических аминов стабилизируют асфальтены битума, предотвращая их агрегирование, что также замедляет старение.

#### 3.3.4.6 Химические свойства

Наиболее важным свойством является химическая стойкость битумов к воздействию агрессивных веществ. Битумы хорошо сопротивляются воздействию щелочей (с концентрацией до 50%), соляной кислоты (до концентрации 25%) и уксусной кислоты (до концентрации 10%). Менее стойки битумы в атмосфере, содержащей оксиды азота а также при действии концентрированных растворов кислот. Битум растворяется в большинстве органических растворителей. Благодаря своей химической стойкости битумные материалы широко применяются для защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций, а также стальных труб и других металлических изделий.

#### 3.3.4.7 Марка битума

Марку битума определяют твердостью, температурой размягчения и растяжимостью. Буквенные обозначения отражают назначение битума. Например, БН – битум нефтяной, БНК – битум нефтяной кровельный, БНД – битум нефтяной дорожный и т.д.

Для вязких дорожных битумов цифры в обозначении марки по ГОСТ 22245-90 указывают на допустимые для марки пределы показателей глубины проникания иглы при 25°C. Вязкие нефтяные дорожные битумы выпускаются

следующих марок: БНД 40/60; БНД 60/90; БНД 90/130; БНД 130/200, БНД 200/300.

Битумы нефтяные типа БН маркируются также, как и битумы дорожные. Битумы БН выпускаются 4 следующих марок: БН 60/90; БН 90/130; БН 130/200; БН 200/300.

#### 3.3.4.8 Требования к битумам

Битумы нефтяные дорожные вязкие (ГОСТ 22245-90)– полутвердые нефтяные битумы, разделяемые на марки по вязкости, определяемой пенетрометром и по комплексу показателей. Применяют для получения «горячего» асфальтобетона, применяемого при строительстве всех типов усовершенствованных дорожных покрытий и оснований.

Вязкие нефтяные дорожные битумы изготавливают окислением продуктов прямой перегонки нефти и селективного разделения нефтепродуктов, а также компаундированием окисленных и неокисленных продуктов или в виде остатка прямой перегонки нефти.

#### 3.3.5 Добавки к битуму

##### 3.3.5.1 Полимер KRATON

Полимеры Kraton повышают характеристики битума в дорожном и гидроизоляционном применениях, снижая температурную чувствительность битума и повышая его прочность и упругость.

Химический состав битума зависит от источника и способа переработки нефти. Немодифицированный битум чувствителен к перепадам температуры и делает асфальтобетонное покрытие предрасположенным к деформации при высокой температуре и растрескиванию при низкой, особенно в местах

движения тяжелого грузового транспорта (автобусы, грузовики, рабочая техника) или в регионах с тяжелыми температурными условиями.

Свойства модифицированного полимером Kraton D битума:

Гибкий, эластичный, прочный и слабее чувствителен к перепадам температуры материал. Для усовершенствования дорожного битума, используемого при строительстве дорог, взлетно-посадочных полос и гоночных трасс, обычно применяются стирол-бутадиен-стирол полимеры.

Усовершенствование битума полимерами Kraton D продлевает срок службы дорожного полотна, улучшает безопасность движения, понижает стоимость эксплуатируемого цикла дорожного полотна. Обычно применение Kraton Polymers помогают снизить толщину дорожного покрытия на 30-40% при сохранении всех его прочностных характеристик, что приводит к существенной экономии денежных средств. Помимо дорожной одежды на основе ПБВ Kraton Polymers существуют разнообразные решения покрытий для аэропортов, мостов, портовых территорий и других объектов с практически постоянной эксплуатацией наземного покрытия тяжелым транспортом. Например, модифицированное 7,5% полимера Kraton D0243 битумное вяжущее позволяет уменьшить затраты за счет более тонкого слоя перекрывания, обладающего лучшей устойчивостью к образованию трещин и более продолжительным сроком службы.

Более тонкие нижние слои дорожного полотна на основе высокомодифицированного битума (полимер Kraton D0243) предполагают уменьшение толщины слоя при строительстве дороги до 40%, тогда как пористый верхний слой асфальтобетона, модифицированный полимерами Kraton D1192 или Kraton D0243, снижает шумность покрытия, заметно уменьшает распыление воды и лучше удерживает щебень. Другие применения включают теплый асфальтобетон с применением полимера Kraton D0243, полимер-битумные эмульсии (полимеры Kraton D1192 или Kraton D0243), модификацию повторно переработанного асфальтобетонного покрытия и трещиностойкие слои перекрывания бетонных конструкций проезжих частей мостов.



Битумные эмульсии востребованы во многих дорожных и кровельных применениях, особенно при ремонте и восстановлении дорожного покрытия.

СБС полимеры Кратон с низкой вязкостью облегчают предварительную модификацию битума, проводимую непосредственно перед производством эмульсии. В результате эмульсия становится более стабильной, а продукт ее распада обладает лучшей адгезией к каменному материалу, упругостью и прочностью. Плоские и слабонаклонные крыши. Для структурной целостности любого здания важным является вопрос грамотного проектирования и правильного строительства крыши. Полимер-битумные кровельные мембраны изготовленные на основе СБС полимеров класса Kraton D позволяют решить большинство проблем рынка слабонаклонных крыш. Они могут противостоять большим температурным колебаниям, сохраняя исходные гидроизоляционные свойства (отсутствие растрескивания, коробления или отслаивания). Более тонкие, высокомодифицированные полимером Kraton D1189 мембраны обладают повышенной устойчивостью к старению, высокоэффективный модификатор Kraton D1191 улучшает прочность и обеспечивает отличные высокотемпературные характеристики кровельного материала.

Полимеры класса Kraton D также используются при производстве битумной черепицы (шинглс) для крутых наклонных крыш, где черепица проявляет повышенную устойчивость к воздействию ветра и к разрушительному воздействию града. Гидроизоляция. Битумные самоклеящиеся гидроизоляционные мембраны и мастики используются для разнообразных применений включая нижние слои кровель, гидроизоляцию фундаментов, мостов, парковок и ангаров для самолетов.

Многообразие СБС и СИС полимеров класса Kraton D позволяет производителям разрабатывать продукты, характеристики которых соответствуют жестким требованиям заказчика и эксплуатируемым в широком интервале температур.

### 3.3.5.2 Адгезионная добавка Wetfix BE

Адгезионная добавка, катионоактивный ПАВ с увеличенной тепловой устойчивостью для всех видов асфальтобетонных смесей включая смеси на ПБВ

WETFIX BE представляет собой жидкую катионоактивную адгезионную добавку, специально разработанную для горячих асфальтовых смесей.

WETFIX BE может храниться в горячем битуме при температуре до 170°C без значительной потери активности в течение срока до 5 дней.

Дозировка WETFIX BE зависит от используемых типов связующего и каменного материала. Как правило, к связующему материалу добавляется от 0.2 до 0.5% продукта.

Внешний вид при 20°C	Коричневая, вязкая жидкость
Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	980
Точка текучести, °C	<0
Точка вспышки, °C	>100
Вязкость при 20°C, сP	3000
Вязкость при 50°C, сP	400

Рисунок 3 - Физические свойства адгезионной добавки Wetfix BE

WETFIX BE поставляется в стальных бочках (вес нетто 190 кг.) и пластиковых контейнерах (вес нетто 900 кг). При хранении в закрытом резервуаре оригинальной упаковки при температуре окружающей среды продукт является стабильным в течение минимум двух лет.

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



# СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС RU.10НА36.Н08042

Срок действия с 12.04.2019 до 11.04.2022

№ 0458271

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ КА.RU.10НА36

Орган по сертификации продукции ООО "ТНК" Адрес: 256038, РОССИЯ, Калининградская область, г. Калининград, ул. Ю.Гагарина, д. 16, стр. П, об. 3, 4, 5. Телефон 8-917-623-5741, адрес электронной почты: tnk-ss@yandex.ru

**ПРОДУКЦИЯ** Присоедин к битумам: Добавка адгезионная дорожная, торговая марка: «WetFix ВЕ». Серийный номер:

код ОК  
20.41.32

**СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ**

TU 0257-100-644.3739-2016

код ТН ВЭД  
34029010

**ИЗГОТОВИТЕЛЬ** Общество с ограниченной ответственностью «Акзо Нобель». ОГРН: 1097746745106. Адрес: 125445, РОССИЯ, г.Москва, улица Смольная, дом 24 Д, 4-й этаж, комната 16, телефон/факс: 74939602890, адрес электронной почты: info.moscow@akzonobel.com.

**СЕРТИФИКАТ ВЫДАН** Общество с ограниченной ответственностью «Акзо Нобель». ОГРН: 1097746745106. Адрес: 125445, РОССИЯ, г.Москва, улица Смольная, дом 24 Д, 4-й этаж, комната 16, телефон/факс: 74939602890, адрес электронной почты: info.moscow@akzonobel.com.

**НА ОСНОВАНИИ** Протокол испытаний № 001/12-04/19-а от 12.04.2019 года, выданный Испытательной лабораторией "Орион" ООО "Вера" (аттестат аккредитации РОСС RU.15178.040.П10.И.009)

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



Схема сертификации: 3

Руководитель органа

С.Е. Федоров

руководитель органа

Эксперт

И.Р. Демин

эксперт органа

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

Рисунок 4 – Сертификат соответствия

## 4 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ

Далее подбор (рецепт) на плотную асфальтобетонную смесь, в экономической части отразить расчет на 1 км покрытия с георешеткой, и модифицирующими добавками и без них, а так же разницу ценовой политики по отношению к качеству.

Горячая крупнозернистая плотная асфальтобетонная смесь типа Б, марки 1 на битуме марки 70\100 далее-(КЗ)

### 4.1 Рецепт

Щебень фракции 20-40 – 13%

Щебень фракции 5-20 - 38%

Щебень фракции 0-5 – 46%

Минеральный порошок активированный – 3%

Битум БНД 70/100 -5,5 %

Адгезионные и модифицирующие добавки.

Для подбора оптимальной смеси, мы должны испытать каждый материал в частности: Фракционный щебень

### 4.2 Фракционный щебень

4.2.1 Определение морозостойкости (МРЗ) в растворе сульфата натрия. Ускоренный метод

Данный показатель отвечает за количество циклов замораживания и оттаивания щебня без критических потерь качества. Морозостойкость щебня рассчитывается путем заморозки и оттаивания щебня при температуре от -20 до +20 градусов по Цельсию. Чем выше показатель, тем более высокое качество у щебня.

По этому показателю щебень подразделяется на выдерживающий:

F15 – щебень, выдерживающий 15 циклов;

F25 – щебень, выдерживающий 25 циклов;

F50 – щебень, выдерживающий 50 циклов;

F100 – щебень, выдерживающий 100 циклов;

F150 – щебень, выдерживающий 150 циклов;

F200 – щебень, выдерживающий 200 циклов;

F300 – щебень, выдерживающий 300 циклов;

F400 – щебень, выдерживающий 400 циклов.

По этому показателю щебень подразделяется на выдерживающий:

F15 – щебень, выдерживающий 15 циклов;

F25 – щебень, выдерживающий 25 циклов;

F50 – щебень, выдерживающий 50 циклов;

F100 – щебень, выдерживающий 100 циклов;

F150 – щебень, выдерживающий 150 циклов;

F200 – щебень, выдерживающий 200 циклов;

F300 – щебень, выдерживающий 300 циклов;

F400 – щебень, выдерживающий 400 циклов.

Таблица 1 - Фракции и размеры щебня

Размер фракции	Содержание фракции в пробе, %	Масса фракции для испытания, гр	Размер контр.сита	Масса остатка на контр.сита после циклов испыт, гр	Потеря массы после циклов испыт, %
20-40	35,9	2500	20	2380	4,8
10-20	15,5	1500	10	1435	4,3
5-10	8,4	1000	5	957	4,3
Потеря массы, %					4,6

Среднее значение потерь после испытания 4,6 %, закончив испытания , мы можем сделать вывод что щебень по МРЗ соответствует марке F100 так как после 10 циклов потеря массы была менее 5 %.

была менее 5 %.

Таблица 2 - Марки щебня по морозостойкости

Вид испытания	Марка щебня по морозостойкости							
	F15	F25	F50	F100	F150	F200	F300	F400
Число циклов	3	5	10	10	15	15	15	15
Потеря массы	10	10	10	5	5	3	2	1

Далее перейдем к физико-механическим испытаниям щебня:

Таблица 3 - Гранулометрический состав щебня фракции 20-40

Масса высушенной пробы						7433,3	
Размер отверстий сит, мм	Частный остаток, г	Частный остаток, %	Полный остаток, %	Проход, %			
50	8,5	0,1	0,1	99,5	99,5	100	
<b>40</b>	<b>261,3</b>	<b>3,5</b>	<b>3,6</b>	<b>96,4</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	
<b>30</b>	<b>3160</b>	<b>42,5</b>	<b>46,1</b>	<b>53,9</b>	<b>40</b>	<b>70</b>	
<b>20</b>	<b>3561</b>	<b>47,9</b>	<b>94,0</b>	<b>6,0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	

Таблица 4 - Гранулометрический состав щебня фракции 5-20

Масса высушенной пробы					6947,5	
Размер отверстий сит, мм	Частный остаток, г	Частный остаток, %	Полный остаток, %	Проход, %		
25	7,8	0,1	0,1	99,9	99,5	100
20	361,5	5,2	5,3	94,7	90	100
12,5	3456	49,7	55,1	44,9	40	70
5	2586	37,2	92,3	7,7	0	10

Таблица 5 - Гранулометрический состав щебня фракции 0-5

Масса высушенной пробы				3658,4	
Размер отверстий сит, мм	Частный остаток, г	Частный остаток, %	Полный остаток, %	Проход	
10	9,0	0,2	0,2	99,8	
5	182,0	5,0	5,2	94,8	
2,5	1090,0	29,8	35,0	65,0	
1,25	751,0	20,5	55,5	44,5	
0,63	385,0	10,5	66,1	33,9	
0,315	170,0	4,6	70,7	29,3	
0,16	261,0	7,1	77,8	22,2	
0,05	425,0	11,6	89,5	10,5	

Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне- 10,5 %, в отсеве дробления этот показатель не нормируется.

Модуль крупности песка -3,05 что относится к группе крупного песка.

При строительстве очень важно знать модуль крупности, поскольку от данного показателя будет зависеть объем потребления воды для раствора и общий расход вяжущего материала. Также модулем крупности определяется область применения песка в строительстве. От него будет зависеть качество изделий и выполненных работ.

Песок из отсева дробления по гранулометрическому составу, по содержанию пылевидных и глинистых частиц и по содержанию глины в комках соответствуют требованиям нормативной документации.

Зерновой состав является определяющим показателем при делении щебня на фракции, обычно он указывается в паспорте качества на щебень.

В зависимости от наличия зерен того или иного размера щебень подразделяется на:

- отсевы;
- щебень мелких фракций;
- щебень средних фракций;
- щебень крупных фракций;
- бутовый камень;
- негабаритный камень.

Сущность метода заключается в определении зернового состава фракции путем отсева пробы на стандартном наборе сит. Зерновой состав осуществляется способами промывки и сухого отсева, в данном случае мы испытывали пробу методом сухого отсева, полученные результаты говорят о том что, щебень соответствует нормам и требованиям нормативной документации, что подтверждается графиком, где видно что пунктирная линия не выходит за пределы требований.

#### 4.3 Содержание глинистых и пылевых частиц

Содержание пылевидных и глинистых частиц 0,9% , по требованиям материал соответствует.

Данный показатель характеризует содержание в щебне пыли и глины, а также других посторонних веществ (загрязнений).



По этому показателю в щебне допускается до 1 % содержания пылевидных и глинистых частиц в зависимости от марки прочности щебня. Сущность метода заключается в определении глинистых и пылевидных частиц в щебне, и определении по изменению массы пробы после отмучивания пылевидных и глинистых частиц (размер частиц менее 0,05).

Следующее, что мы должны сделать это определить содержание зерен слабых пород, дробимость щебня, и содержание пластинчатой и игловатой формы щебня, эти три испытания я проводила в одно время и оформляла в один протокол:

Сущность метода заключается в определении содержания в щебне зерен слабых пород, и определяют их путем выделения по характерным признакам.

Если говорить о дробимости, то здесь метод заключается в определении степени разрушения зерен при сжатии (раздавливании в цилиндре). Марка по дробимости или прочности является одним из основных показателей, влияющих на его качество, сферу применения и цену. Оценивается прочность щебня в сухом и водонасыщенном состоянии. Наиболее качественным является щебень с высокой маркой прочности.

Определение пластинчатой и игловатой формы щебня. В нашем случае я использовала метод визуальной разборки. Сущность метода заключается в определении лещадки, и оценки количества зерен, толщина которых менее длины в три раза и более. Лещадность щебня – это содержание зерен пластинчатой и игловатой формы. Этот показатель также является основным показателем, влияющим на качество щебня, цену щебня и сферу применения. Чем меньше содержание лещадных зерен в щебне, тем он более качественный, щебень с содержанием таких зерен менее 15% называется кубовидным.

По этому показателю щебень делится на пять групп:

- первая группа лещадности – до 10% лещадных зёрен.
- вторая группа лещадности – от 10 до 15 % лещадных зерен.
- третья группа лещадности – от 15 до 25% лещадных зерен.

- четвертая группа лещадности – от 25 до 35% лещадных зерен.
- пятая группа лещадности – от 35 до 50% лещадных зерен.

Расчеты приведены в таблицах

Таблица 6 - Определение содержания зерен слабых пород

Размер фракции, мм	Содержание фракции в пробе, %	Масса фракции для испытания, г	Масса зерен слабых пород, г	Содержание зерен слабых пород, %
20-40	27,5	5000	105,3	2,1
10-20	14,1	2500	98,5	3,9
5-10	10,3	1300	30,5	2,3

Содержание зерен слабых пород 2,7%, по требованиям показатель не должен превышать 5%.

Таблица 7 - Определение истираемости щебня

Размер фракции, мм	Содержание фракции в пробе, %	Масса фракции для испытания, г	Число шаров, шт	Число оборотов полочного барабана	Размер контрольного сита, мм	Полный остаток на контрольном сите, г	Истираемость, %
20-40	35,9	10000	12	1000	1,25	8456	15,4
10-20	15,5	5000	11	500	1,25	4115	17,7
5-10	8,4	5000	11	500	1,25	4158	16,8

Истираемость 16,2 %, соответствует марке по истираемости И1.

Показатель истираемости характеризует потерю массы щебня при физическом воздействии.

По показателю истираемости щебень делится на четыре группы:

- И1 – до 25%;
- И2 – 25-35 %;
- И3 – 35-45 %;

— И4 – 45-60 %.

Данные и результаты по истираемости у щебня одинаковые так как материал с одного завода, но по каждой фракции отбирают пробы в состоянии естественной влажности и просеивают через два сита с наибольшим и наименьшим размером зерна данной фракции.

#### 4.4 Определение дробимости щебня

Одной из самых важных характеристик щебня, на которую необходимо обратить первоочередное внимание является прочность щебня. Данную характеристику также еще называют дробимость щебня.

Дробимость щебня - это его способность выдерживать определенные нагрузки. В зависимости от величин этих нагрузок все щебни делятся по маркам прочности. Марку прочности щебня определяют путем дробления материала в специальных испытательных установках. Технология такого процесса весьма проста. Вначале испытуемый щебень делят на фракции. На прочность каждую фракцию проверяют отдельно

Таблица 8 - Результаты дробимости щебня

Размер фракции, мм	Содержание фракции в пробе, %	Диаметр цилиндра, мм	Масса гравия в цилиндре после дробления, г	Размер контрольного сита, мм	Масса остатка на сите, г	Дробимость, %
20-40	35,9	150	3361,3	5	2970	11,6
10-20	5,5	75	371,0	2,5	325	12,4
5-10	8,4	75	380,7	1,25	332	12,8

Дробимость щебня 12,0 %, что соответствует марке 1200, в нашем случае марка должна быть не менее 800, по нормам для асфальтобетонных покрытий.

#### 4.5 Определение содержания зерен пластинчатой и игловатой формы

Не стандартные частицы щебня - это игловатые и пластинчатые частицы, они имеют отличительные от нормы размеры. Первые длиннее, другие наоборот короче. Иными словами, ширина игловатых, в три раза меньше длины, а пластинчатых больше.

Лещадность является наиболее важным показателем. Она определяет физические показатели и область применения щебня.

Таблица 9 - Содержание зерен

Размер фракции, мм	Содержание фракции в пробе, г	Масса фракции для испытаний, г	Содержание зерен лещ.и игловатой формы, г	Содержание зерен лещ.и игловатой формы, %
20-40	35,9	5000	604,3	12,1
10-20	15,5	1000	145,0	14,5
5-10	8,4	250	44,0	17,6

После проведения испытаний мы установили, что лещадки в нашем материале 13,5 %, что соответствует требованиям нормативной документаций.

#### 4.6 Испытания битума

Битум – незаменимая составляющая строительства. Благодаря своим уникальным характеристикам, битум надежно закрепился в строительной промышленности. Его практичность, долговечность и дешевизна не оставляют ни единого шанса альтернативным стройматериалам.

По результатам проведенных испытаний я подобрала битум БНД 70/100, отталкиваясь на ГОСТ 1373-2013.

Глубина проникновения иглы 0,1 мм при t 25 С- Пенетрация не менее 70-100

- Фактические результаты - среднее значение 90,6.
- Глубина проникновения иглы 0,1 мм при t 0 С- Пенетрация не менее 20
- Фактические результаты - среднее значение 25,0
- Растяжимость см, не менее 75 при t 25 С
- Фактические результаты -среднее значение 99,6
- Растяжимость см, не менее 3,8 при t 0 С
- Фактические результаты -среднее значение 4,8
- Температура размягчения по кольцу и шару С, не ниже 45
- Фактические результаты – среднее значение 49,4
- Температура вспышки С, не ниже 230
- Фактическое значение 250
- Изменение температуры размягчения после прогрева , С 0 не более 7
- Фактические результаты 4,0
- Индекс пенетрации от -1 до +1 , фактический результат -0,6

#### 4.7 Испытания минерального порошка

Минеральный порошок производится из карбонатных пород путем тонкого помола на специальном оборудовании. Его используют в качестве добавки при производстве асфальтных покрытий. При добавлении продукта в асфальтную массу увеличивается ее прочность, износостойкость, улучшаются другие характеристики.

В своем подборе я использую активированный минеральный порошок.

Испытал его на все основные показатели. В первую очередь на гидрофобность, для того что бы убедиться что мин.порошок активированный.

Таблица 10 - Истинная плотность минерального порошка

Наименования показателя	Номер пробы	
	1	2
Масса пробы с порошком, г	137,8	138,8
Сухая проба, г	50,5	51,5
Масса колбы с раствором, г	340,5	342,2
Масса колбы с раствором и раствором смачивателя, г	372,9	375,4
Масса пустой колбы, г	87,9	87,9
Плотность раствора смачивателя, г/см <sup>3</sup>	0,993	0,993
Истинная плотность порошка, г/см <sup>3</sup>	2,83	2,86
	<b>2,84</b>	

Таблица 11 - Плотность минерального порошка

Плотность минерального порошка			
Масса нижней части формы с поддоном, г	1964,4	1964,4	1964,4
Масса нижней части формы с поддоном и уплотненным порошком, г	2159,1	2158,2	2158,6
Высота пробы, см	5,1	5,1	5,1
Объем порошка, см <sup>3</sup>	100,63	100,69	100,69
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	1,935	1,925	1,929
Средняя плотность г/см <sup>3</sup>	1,929		
Пористость	Не более 28-38%	32,1	
Водонасыщение	2,73		

Таблица 12 - Показатель битумоемкости

Масло индустриальное, г	Минеральный порошок до, г	Минеральный порошок после, г	Истинная плотность минерального порошка,	Показатель битумоемкости, %
15	250	165	2,844	50,2

Таблица 13 - Набухание

Битум, %		№ образца	Сухая масса образца, г	Масса образца в воде, г	Масса после вакуумной среды при 60С на воздухе, г	Масса образца в воде, г	Набухание
Битум	13,3	1	245,5	127,5	255,8	137,0	0,68
		2	246,6	128,8	257,3	138,8	0,59
		3	247,0	129,0	257,7	138,9	0,65

Таблица 14 - Требования для плотного крупнозернистого асфальтобетона

	Требования	Фактические данные	Соответствие
Пористость минеральной части, %	Не более 19	17,6	Соответствие
Остаточная пористость, %	От 2,5 до 5,0	3,1	Соответствие
Водонасыщение, % по объему образцов, отформованных из смесей	От 1,5 до 4,0	2,6	Соответствие
Предел прочности при сжатии, Мпа, не менее: При температуре 50 С	1,3	2,0	Соответствие
Предел прочности при сжатии, Мпа, не менее: При температуре 20 С	2,5	3,8	Соответствие
Предел прочности при сжатии, Мпа, не менее: При температуре 0 С	13	7,9	Соответствие
Водостойкость, не менее	0,85	0,91	Соответствие
Водостойкость при длительном водонасыщении, не менее	0,75	0,88	Соответствие
Трещиностойкость предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0С, Мпа	Не менее 3,5	3,7	Соответствие
Содержание битума, % по массе	5-6,5	5,20	Соответствие



Далее мы перейдем к подбору плотной крупнозернистой асфальтобетонной смеси.

Таблица 15 - Состав асфальтобетонной смеси

	Состав асфальтобетонной смеси
Щебень фракции 20-40 мм	<b>13</b>
Щебень фракции 5-20 мм	<b>38</b>
Песок из отсевов дробления 0-5 мм	<b>46</b>
Содержание минеральных материалов, %	<b>100</b>
Минеральный активированный порошок	<b>3</b>
Содержание битума, %	<b>5,3</b>

Истинная плотность минеральной части асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>- 2,81

Истинная плотность г/см<sup>3</sup>- 2,57

Средняя плотность асфальтобетона г/см<sup>3</sup>- 2,38

Средняя плотность минеральной части, г/см<sup>3</sup>- 2,26

Пористость минеральной части асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>- 15,3

Остаточная пористость, % - 3,6

После установленных показателей смеси, мы перейдем к гранулометрическому составу, что является основным показателем по требованиям.

Таблица 16 - Результаты испытаний

Размер сит	МП	0-5	5-20	20-40	3%	46,0%	38,0%	13,3%	Проход
					МП	0-5	5-20	20-40	
40	100	100	100	96,4	3,0	46,0	38,0	12,5	96,5
20	100	100	94,7	6,0	3,0	46,0	36,0	0,8	85,0
15	100	100	75,8	0	3,0	46,0	28,8	0	77,8
10	100	100	53,9	0	3,0	46,0	20,5	0	69,5
5	100	99,8	9,5	0	3,0	45,9	3,6	0	52,5

2,5	100	85,0	2,6	0	3,0	39,1	1,0	0	43,1
1,25	99,8	59,9	1,9	0	3,0	27,6	0,7	0	31,3
0,63	98,5	41,4	1,5	0	3,0	19,0	0,6	0	22,6
0,315	98,8	29,3	1,3	0	3,0	13,5	0,5	0	16,9
0,16	93,1	21,2	1,1	0	2,8	9,8	0,4	0	13,0
0,071	76,3	10,5	0,8	0	2,3	4,8	0,3	0	7,4

По данным результатам испытания мы можем утверждать что асфальтобетонная смесь соответствует нормам и требованиям ГОСТа, далее мы переходим к наиболее важным физико-механическим испытаниям.

Для испытаний я брала три образца по которым высчитывала средний результат.

Таблица 17 - Результаты всех проведенных исследований

Номер образца	1	2	3
Количество битума в смеси, %	5,3	5,3	5,3
Истинная плотность асфальтобетона	2,61		
На воздухе, г	2026,0	2024,0	2030,0
В воде, г	1228,5	1230,5	1229,6
После воды, г	2032,5	2032,5	2038,6
После вакуума, г	2064,3	2060,3	2063,5
Объем образца	803,9	802,0	809,0
Истинная плотность смеси, г/см <sup>3</sup>	2,52	2,52	2,52
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	2,39	2,40	2,38
Водонасыщение	4,8	4,5	4,1
Остаточная пористость, %	3,6	3,5	4,0
Истинная плотность минеральной части, г/см <sup>3</sup>	2,85		
Пористость	16,0	15,9	16,4

На основании всех проведенных исследований, можно быть уверенным что с самой смесью проблем ни каких не должно быть, если не нарушать технологию выпуска смеси и технологию укладки.

## 4.8 Испытания подбора без добавок

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРУПНОЗЕРНИСТОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ТИП Б МАРКИ 1														
№ образца	Количество битума в смеси, %	Количество битума в асфальтобетоне Gmb, g/cm <sup>3</sup>	Истинная плотность асфальтобетона Gmb, g/cm <sup>3</sup>	На воздухе, г	В воде, г	После высуш. в вакууме, г	После вакуума, г	Объем образца, см <sup>3</sup>	Истинная плотность смеси, g/cm <sup>3</sup>	Средняя плотность, g/cm <sup>3</sup>	Средняя водонасыщенность, % Va	Остаточная пористость, % Va	Истинная плотность минеральной части Gsa, g/cm <sup>3</sup>	Пористость, VMA, %
1	5.3	5.02	2030.2	1228.6	2032.5	2071.2	803.9	2.53	2.40	5.1	3.4	15.8		
2	5.3	5.02	2024.0	1230.5	2032.5	2065.3	802.0	2.52	2.40	5.1	3.5	15.9		
3	5.3	5.02	2032.2	1228.6	2038.6	2065.3	809.0	2.51	2.39	4.2	3.9	16.3		
Average Среднее								2.52	2.39	4.8	3.6	16.0		
4	5.5	5.20	2010.0	1220.6	2015.6	2034.5	795.0	2.53	2.40	3.1	3.0	15.9		
5	5.5	5.20	2010.0	1225.6	2019.6	2038.6	794.0	2.53	2.40	3.6	2.9	15.8		
6	5.5	5.20	2012.2	1228.9	2027.6	2044.3	796.7	2.52	2.39	4.0	3.3	16.2		
Average Среднее								2.53	2.39	3.6	3.1	16.0		
7	5.7	5.38	2005.2	1232.5	2026.5	2038.6	794.0	2.53	2.39	4.2	2.8	16.2		
8	5.7	5.38	2015.2	1238.4	2035.7	2042.3	797.3	2.53	2.39	3.4	2.7	16.1		
9	5.7	5.38	2010.2	1240.5	2036.4	2045.3	795.9	2.53	2.39	4.4	2.8	16.2		
Average Среднее								2.53	2.39	4.0	2.8	16.1		
10	5.9	5.55	1990.2	1235.7	2020.1	2025.8	784.4	2.54	2.40	4.5	2.1	15.9		
11	5.9	5.55	2002.2	1243.5	2036.4	2040.3	792.9	2.53	2.38	4.8	2.5	16.3		
12	5.9	5.55	2010.2	1238.5	2034.2	2041.6	795.7	2.53	2.39	3.9	2.5	16.3		
Average Среднее								2.53	2.39	4.4	2.4	16.2		

Рисунок 4 – Определение физико-механических свойств крупнозернистого асфальтобетона тип Б марки 1

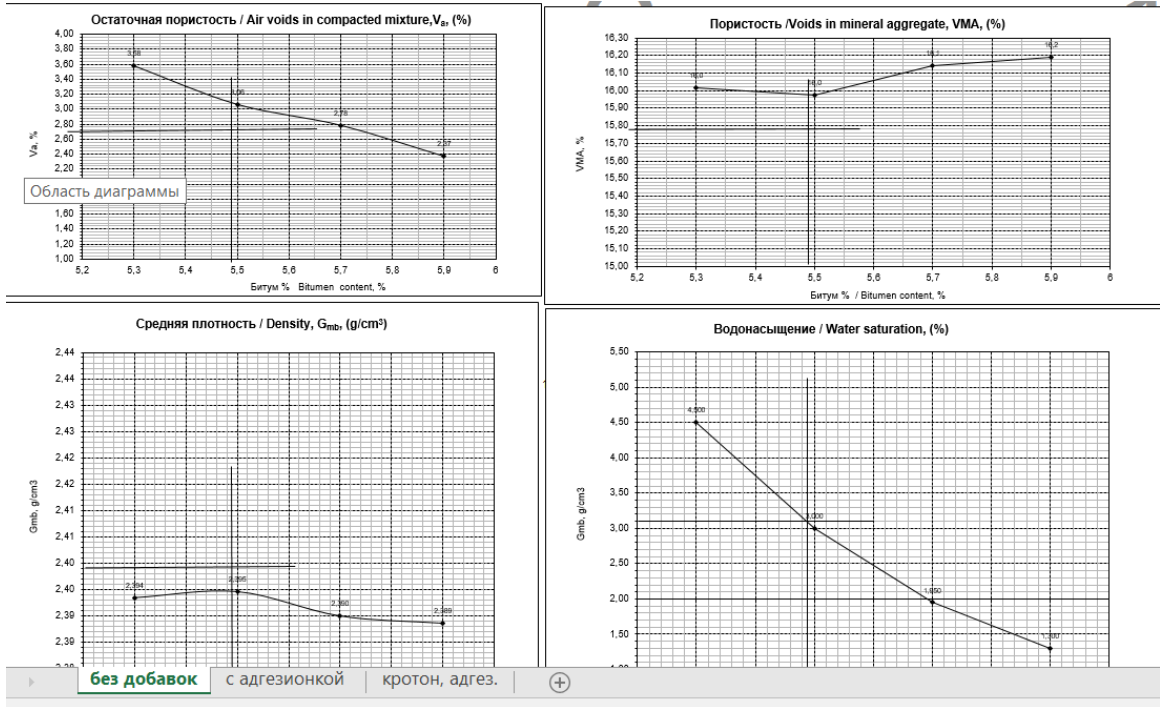


Рисунок 6 - Диаграммы

## 4.9 Испытания подбора с адгезионной добавкой

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРУПНОЗЕРНИСТОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ТИП Б МАРКИ 1 DETERMINATION OF PHYSICAL-MECHANICAL FEATURES OF CRUSHED-STONE ASPHALT CONCRETE																					
Номер образца №	Количество битума в смеси 100 %	Истинная плотность асфальтобетона $\rho_{mix}, g/cm^3$	На воздухе, г	В воде, г	Плоская масса, г	После вакуума, г	Объем образца, $cm^3$	Истинная плотность смеси, $\rho_{sm}, g/cm^3$	Средняя плотность, $g/cm^3$	Водонасыщение, %	Остаточная пористость, %	Истинная плотность минеральной части, $g/cm^3$	Пористость, VMA, %	Количество битума, %	Степень пористости	Водонасыщение	Плотность	Прочность, МПа			
																		Strength, МПа	R20, МПа		
														tumen content	Va, %	VMA, %	W, %	Gmb, $g/cm^3$	R50, МПа	R20, МПа	
1	5.3	5.02	2032.2	1228.6	2032.5	2064.3	803.9	2.53	2.40	4.0	3.3	2.53	15.8	5	3.4	15.9	3.9	2.397	1.560	2.960	
2	5.3	5.02	2020.3	1230.5	2032.5	2060.3	802.0	2.52	2.39	5.0	3.6	2.52	16.1	5.2	2.8	15.8	3.0	2.400	1.530	2.890	
3	5.3	5.02	2042.2	1229.6	2038.6	2063.5	809.0	2.52	2.40	2.6	3.4	2.52	15.9	5.4	1.9	15.4	3.0	2.411	1.520	2.720	
Average Среднее								2.52	2.40	3.9	3.4	2.52	15.9	5.6	1.2	15.1	3.1	2.418	1.350	2.680	
4	5.5	5.20	2010.0	1220.6	2015.6	2034.5	795.0	2.53	2.40	3.1	3.0	2.53	15.9								
5	5.5	5.20	2015.3	1225.6	2019.6	2038.6	794.0	2.54	2.41	2.9	2.6	2.54	15.6								
6	5.5	5.20	2021.5	1228.9	2027.6	2044.3	788.7	2.53	2.40	2.9	2.9	2.53	15.8								
Average Среднее								2.53	2.40	3.0	2.8	2.53	15.8								
7	5.7	5.38	2023.8	1232.5	2026.5	2045.2	794.0	2.55	2.41	2.7	1.9	2.55	15.4								
8	5.7	5.38	2029.7	1238.4	2035.7	2054.2	797.3	2.55	2.41	3.1	2.0	2.55	15.5								
9	5.7	5.38	2030.5	1240.5	2036.4	2055.2	795.9	2.55	2.41	3.1	1.8	2.55	15.3								
Average Среднее								2.55	2.41	3.0	1.9	2.55	15.4								
10	5.9	5.55	2015.2	1235.7	2020.1	2035.2	784.4	2.57	2.43	2.5	0.8	2.57	14.9								
11	5.9	5.55	2030.0	1243.5	2036.4	2055.2	792.9	2.56	2.42	3.2	1.2	2.56	15.2								
12	5.9	5.55	2032.1	1238.5	2034.2	2060.2	795.7	2.55	2.41	3.5	1.4	2.55	15.4								
Average Среднее								2.56	2.42	3.1	1.2	2.56	15.1								

С добавлением адгезионной добавки WETFIX-BE 0,4 % от массы битума

Рисунок 7 – Определение физико-механических свойств крупнозернистого асфальтобетона тип Б марки 1 (с адгезионной добавкой)

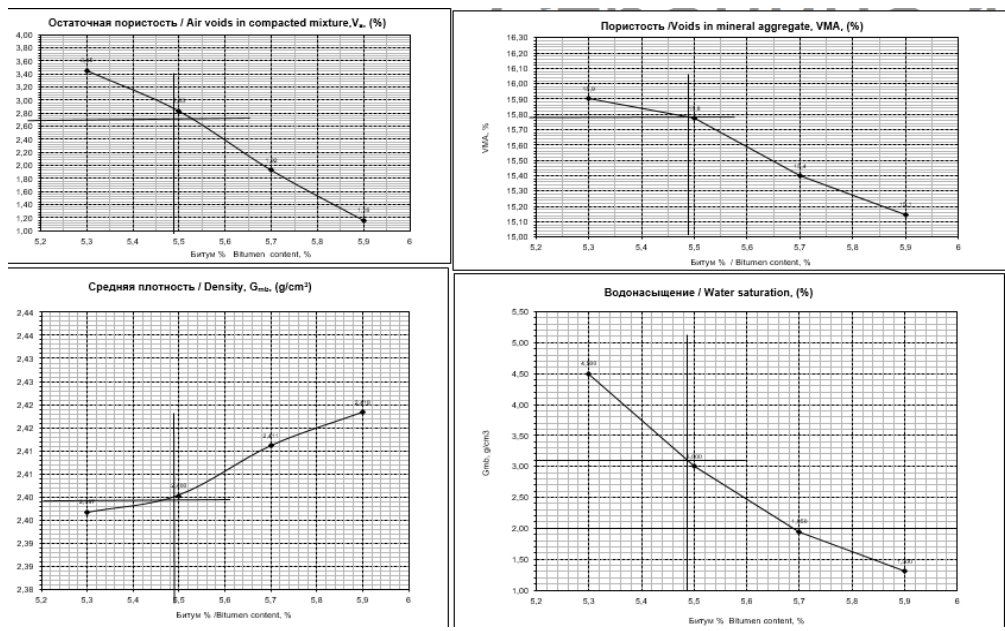


Рисунок 8 – Диаграммы

## 4.10 Испытания подбора с адгезионной добавкой и модифицирующей добавка KRATON-D 2,5% от массы битума

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРУПНОЗЕРНИСТОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ТИП Б МАРКИ 1 DETERMINATION OF PHYSICAL-MECHANICAL FEATURES OF CRUSHED-STONE ASPHALT CONCRETE																		
Номер образца №	Количество битума в смеси, %	Количество битума в асфальтобетоне G <sub>mb</sub> , g/cm <sup>3</sup>	На водные г	В воде, г	После высушки, г	После вакуума, г	Объем образца, см <sup>3</sup>	Истинная плотность смеси, г/см <sup>3</sup>	Средняя плотность, водонасыщенные, г/см <sup>3</sup>	Остаточная пористость, % Va	Истинная плотность минеральной части, g/cm <sup>3</sup>	Пористость, VMA, %	Количество битума, %	Остаточная пористость, %	Пористость, W, %	Гибкость, g/cm <sup>3</sup>	R <sub>50</sub> , МПа	R <sub>100</sub> , МПа
1	5.3	5.02	2055.2	1225.2	2032.5	2080.2	807.3	2.56	2.43	1.9	2.1	14.8	2.2	14.8	2.1	2.43	1.600	3.500
2	5.3	5.02	2053.2	1230.5	2032.5	2080.1	802.0	2.57	2.44	2.1	1.6	14.3	2.2	14.8	2.1	2.43	1.600	3.500
3	5.3	5.02	2045.2	1232.0	2038.6	2063.5	806.6	2.54	2.41	2.3	3.0	15.5	2.3	15.3	2.1	2.41	1.580	3.250
Аverage	5.3	5.02	2051.2	1229.1	2036.6	2074.4	804.6	2.55	2.43	2.1	2.2	14.8	2.2	14.8	2.0	2.43	1.500	3.100
4	5.5	5.20	2011.2	1220.6	2015.6	2020.1	795.0	2.52	2.39	2.4	3.4	16.3	1.3	14.4	2.2	2.44	1.410	2.950
5	5.5	5.20	2045.5	1225.6	2019.6	2065.2	794.0	2.58	2.44	2.5	1.2	14.3	1.3	14.8	2.0	2.43	1.500	3.100
6	5.5	5.20	2032.2	1228.9	2027.6	2044.3	798.7	2.54	2.41	1.5	2.4	15.4	1.3	14.8	2.0	2.43	1.500	3.100
Аverage	5.5	5.20	2032.2	1228.9	2027.6	2044.3	798.7	2.54	2.41	1.5	2.4	15.4	1.3	14.8	2.0	2.43	1.500	3.100
7	5.7	5.38	2055.2	1232.5	2026.5	2060.2	794.0	2.56	2.42	3.1	1.4	14.9	0.2	14.4	2.2	2.44	1.410	2.950
8	5.7	5.38	2048.5	1238.4	2035.7	2065.2	797.3	2.57	2.43	2.1	1.1	14.7	0.2	14.4	2.2	2.44	1.410	2.950
9	5.7	5.38	2040.1	1240.5	2036.4	2045.3	795.9	2.56	2.43	0.7	1.4	14.9	0.2	14.4	2.2	2.44	1.410	2.950
Аverage	5.7	5.38	2044.3	1237.1	2034.5	2050.2	795.7	2.57	2.43	2.0	1.3	14.8	0.2	14.4	2.2	2.44	1.410	2.950
10	5.9	5.55	2030.2	1235.7	2020.1	2045.2	784.4	2.59	2.44	1.9	0.1	14.2	0.2	14.4	2.2	2.44	1.410	2.950
11	5.9	5.55	2055.2	1243.5	2036.4	2075.2	792.9	2.59	2.45	2.5	0.0	14.1	0.2	14.4	2.2	2.44	1.410	2.950
12	5.9	5.55	2048.5	1238.5	2034.2	2065.2	795.7	2.57	2.43	2.1	0.6	14.7	0.2	14.4	2.2	2.44	1.410	2.950
Аverage	5.9	5.55	2044.3	1237.8	2034.2	2065.2	795.7	2.57	2.43	2.2	0.2	14.4	0.2	14.4	2.2	2.44	1.410	2.950

С добавлением адгезионной добавки WETPK-BE (0.4 % от массы битума) и модифицирующей добавки KRATON-D 2,5% от массы битума

Рисунок 9 – Определение физико-механических свойств крупнозернистого асфальтобетона тип Б марки 1 (с адгезионной добавкой и модифицирующей добавка KRATON-D 2,5% от массы битума)



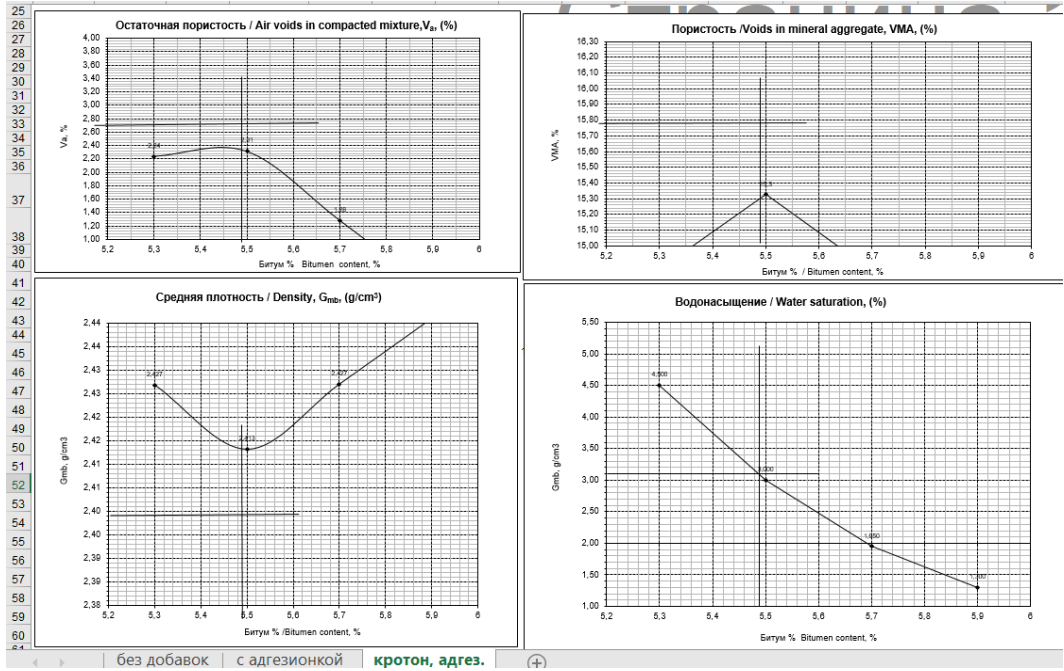


Рисунок 10 – Диаграмма

## 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Стоимость 1 тонны крупнозернистого асфальтобетона с адгезионной добавкой KRATON-D (с дозировкой 2,5 % от массы битума) примерно равна 4000 рублей, на адгезионной добавке Wetfix-be (с дозировкой 0,4 % от массы битума) вяжущих 3600 рублей за 1 тонну, что на 10 % дешевле, чем асфальтобетон с адгезионной добавкой KRATON-D. Стоимость одной тонны крупнозернистого асфальтобетона становится выше, из-за использования более качественных материалов и наличия стабилизирующей добавки в смеси.

Определяющими показателями экономической эффективности являются затраты, связанные с устройством покрытия и его эксплуатацией, а именно асфальтобетонную смесь с добавками укладывают более тонким слоем, чем обычный асфальтобетон (40 - 45 мм вместо 50 - 60), что позволяет экономить до 40% стоимости материала, долговечность покрытия в 2-3 раза выше чем у асфальтобетона. Рыночная стоимость адгезионной добавки KRATON-D 50 руб/кг. Стоимость добавки Wetfix-be 33-35 руб/кг, что на 30 % дешевле. Расход смеси на 1000 м<sup>2</sup> толщиной 40 мм ~100 тонн. Экономический эффект составит 8000 рублей на 1000 м<sup>2</sup> верхнего слоя дорожного полотна, что обеспечивает экономическое преимущество по сравнению с адгезионной добавкой Wetfix-be.

Кроме того применение комплексной добавки KRATON позволяет увеличить срок службы дорожного покрытия, за счет улучшения физико - механических свойств КАБС.

## 6. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Не маловажное значение в строительстве автомобильных дорог имеет охрана труда и безопасность жизнедеятельности.

Этой теме посвящён раздел, здесь я хочу отразить основные моменты ТБ как в производстве так и в испытательной лаборатории, так как основная моя работа проводилась в лаборатории.

### 6.1 Экологические проблемы

Современное строительство и крупных городов, и мелких населенных пунктов предполагает возведение различных объектов жилого, социального и коммерческого назначения. В целом строительная индустрия влияет на образование ряда экологических проблем:

- Чрезмерное потребление энергоресурсов, что приводит к истощению природных ресурсов, особенно невозобновляемых;
- Изменение окружающей среды, ландшафтов;
- Уничтожение представителей флоры и фауны за счет их вытеснения с привычных мест проживания;
- Перегрузка транспортной системы, что приводит к загрязнению атмосферы;
- Негативное воздействие сточных вод;
- Увеличение количества бытового и промышленного мусора; загрязнение водоемов; затенение территорий, на которых производится застройка, что приводит к дефициту солнечного света, необходимого для жизнедеятельности флоры и фауны;
- Локации становятся менее стойкими к землетрясениям;
- Работа на стройплощадках губительная для здоровья людей;

Могут возникать пожары.

— Гасить горящий факел необходимо только в специально предназначенном для этого металлическом ящике с водой.

— Запрещается эксплуатация сушильных барабанов, если наблюдается выброс пламени горелок в атмосферу через запальные отверстия, щели лобовой части топки.

В данный момент разработано несколько экологических подходов к строительству, а также к охране природы. Эти правила частично зафиксированы в законодательстве, частично регламентированы нормами и правилами современного строительства.

В развитых странах существует ряд документов и экологической сертификации, что контролирует процесс возведения любого объекта. Эта документация необходима, чтобы уменьшить вредное влияние строительства на экологию. Застройщики придерживаются этих норм на добровольной основе, однако негласно правило экологической безопасности является важным для современного строительства.

## 6.2 Требования по технике безопасности.

Лабораторные работы должны проводиться на исправном электрооборудовании с заземлением.

В производственной лаборатории должны находиться огнетушитель и аптечка первой помощи.

На электрооборудование должны быть разработаны инструкции по технике безопасности. Инструкции по технике безопасности должны быть доступны сотрудникам лаборатории и находиться вблизи электроприборов.

В производственной лаборатории запрещено принимать пищу (за исключением дегустационного зала) и курить.

Не допускается использовать лабораторную посуду для личных целей и хранить в одном холодильнике химические реактивы и пищевые продукты.

Лабораторные реактивы должны храниться в отдельных шкафах без доступа света.

С внутренней стороны двери шкафа необходимо прикреплять реестр реактивов с указанием: названия, даты изготовления, срока годности, даты окончания срока годности.

Работы с концентрированными реактивами должны проводиться в вытяжном шкафу.

По окончании выполнения работ (рабочего дня) каждый работник производственной лаборатории отключает или проверяет отключены ли электроприборы, закрывает воду, закрывает емкости с реактивами, а уходящий последним закрывает водяные или газовые краны, выключает свет, вентиляцию.

Все выключатели в производственной лаборатории должны иметь четкие указатели положения «включено» или «выключено», розетки должны иметь указания величины подведенного напряжения.

Всем работникам производственной лаборатории должно быть известно место нахождения общего рубильника, которым можно отключить все устройства в случае аварии.

В производственной лаборатории запрещено:

- нарушать требования техники безопасности; нарушать требования пожарной безопасности;
- пользоваться не исправным электрооборудованием; пользоваться удлинителями, провода которых не защищены от повреждения, обрыва;
- переносить включенные электроприборы;
- вскрывать защитные кожухи электрических приборов;
- загромождать подходы к распределительным щитам и электрооборудованию.

При возникновении загорания в производственной лаборатории следует постараться ликвидировать очаг возгорания собственными силами, используя огнетушитель. При этом отключают подачу электроэнергии в производственную

лабораторию. Если ликвидировать очаг возгорания не представляется возможным, необходимо эвакуировать людей и вызвать пожарную часть.

### 6.3 Общие требования охраны труда

К работе в испытательной лаборатории (далее – лаборатория) допускаются лица, прошедшие при поступлении на работу предварительный медицинский осмотр, вводный и первичный на рабочем месте инструктажи по охране труда, специальное обучение, проверку знаний требований охраны труда и стажировку.

В процессе работы работники должны проходить в установленном порядке периодические медицинские осмотры, повторные инструктажи по охране труда, а также внеплановые и целевые инструктажи.

Во время работы на работников лаборатории могут воздействовать следующие опасные и вредные производственные факторы:

- повышенная загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенная напряженность магнитного поля;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень шума;
- химические;
- нервно-психические перегрузки (эмоциональные перегрузки).

Работники лаборатории должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты.

Работник лаборатории во время работы должен:

- использовать лабораторное оборудование только по назначению;
- знать правила пользования и способы проверки исправности СИЗ;
- уметь пользоваться первичными средствами пожаротушения;
- следить за исправностью и целостностью заземления (зануления) корпусов электроприборов, электрических машин и оборудования;

— содержать в чистоте свое рабочее место, в исправном состоянии и чистоте оборудование, инструмент, приспособления, а также спецодежду, спецобувь и другие СИЗ;

— не приступать к работе с неизвестными веществами и химическими реактивами;

— курить в установленном месте;

— соблюдать правила внутреннего трудового распорядка и режимы труда и отдыха.

Работникам лаборатории запрещается круглосуточно хранить в лабораторных помещениях легковоспламеняющиеся жидкости (далее – ЛВЖ).

К работе с сосудами, работающими под давлением, допускаются работники, прошедшие специальное обучение и имеющие при себе соответствующее удостоверение.

Работники, связанные с обслуживанием электрооборудования и электроприборов (квантометров), должны иметь группу по электробезопасности не ниже III.

Работники, допущенные к работе с ртутью, должны пройти специальное обучение, инструктаж и проверку знаний по профессиональной подготовке и охране труда.

В случае обнаружения неисправности лабораторного оборудования, механизмов, инвентаря, инструмента, защитных приспособлений, СИЗ, средств пожарной сигнализации и пожаротушения, а также нарушений настоящей Инструкции работник лаборатории должен немедленно сообщить об этом заведующему лабораторией (руководителю работ).

Запрещается оставлять без присмотра зажженные горелки и другие нагревательные приборы.

Каждый работник лаборатории должен уметь оказывать первую доврачебную помощь пострадавшим.

В случае получения работником лаборатории травмы или заболевания он должен прекратить работу, поставить в известность своего непосредственного руководителя или заведующего лабораторией и обратиться за помощью в медпункт или ближайшее медицинское учреждение.

Работник лаборатории должен немедленно извещать своего непосредственного руководителя или заведующего лабораторией о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью работников лаборатории, о каждом несчастном случае, происшедшем в лаборатории.

Работник лаборатории должен следить за исправностью спецодежды, своевременно сдавать ее в химчистку, стирку и ремонт, а также содержать шкафчики для хранения одежды в чистоте и порядке.

#### 6.4 Техника безопасности на асфальтобетонном заводе

В зоне размещения асфальтосмесительной установки в легкодоступном месте должен быть оборудован противопожарный щит со всем положенным инвентарем и установлен ящик с песком.

Во время работы асфальтосмесительной установки запрещается находиться под ленточным конвейером, смесителем, в бункере и под ним, под скипом, а также снимать решетки с бункеров агрегата питания.

Во время работы сушильного агрегата запрещается:

- находиться напротив форсунки во время розжига;
- производить розжиг при неработающем дымососе;
- подавать в форсунки, если пламя угасло;
- повторно розжигать форсунку без предварительной вентиляции топки и сушильного барабана дымососом и дутьевым вентилятором.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иливанов, В.Ю. Исследование долговечности модифицированного щебеночно-мастичного асфальтобетона при действии агрессивной среды: учебное пособие / В.Ю. Иливанов. – М.: Издательство Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование, 2013. -44с.
2. Ерофеев, В.Т. Оценка долговечности асфальтобетонов при испытаниях в климатических условиях с переменной влажностью, ультрафиолетовым облучением и агрессивной морской водой: учебное пособие / В.Т. Ерофеев. – Саранск: Изд-во Вестник МГСУ, 2016. -79с.
3. Меренцова, Г.С. Повышение стойкости и долговечности дорожных бетонов: учебное пособие / Г.С. Меренцова. – Москва: Ползуновский альманах, 2017. -185с.
4. Осиновская, В.А. Прогнозирование долговечности асфальтобетонных покрытий на основе уровней их вибронагруженности: научная статья / Осиновская В.А. – Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет – МАДИ, 2015. -53с.
5. Ковалев, Я.Н. Теплотехнологическое обеспечение качества строительства дорожных асфальтобетонных покрытий. –М.: Изд-во Омский Дом Печати, 2004. -237с.
6. Радовский, Б.С. Теоретические основы конструирования и расчета нежестких дорожных одежд на воздействие подвижных нагрузок: диссертация доктора технических наук / Радовский Б.С. – Москва, 1982. -535с.
7. Осиновская, В.А. Вибрационное нагружение нежестких дорожных одежд / В.А. Осиновская – Москва: Вестник МАДИ. – 2010. – Вып.4(19). - 79-83с.
8. Золотарев, В.А. «Долговечность дорожных асфальтобетонов»: учебное пособие / В.А. Золотарев – Харьков: «ВИЩА ШКОЛА», 1977 -17с.
9. Осиновская, В.А. Влияние вибрации нежестких дорожных одежд на их прочность: научная статья / В. А. Осиновская – Москва: Вестник евразийской науки, 2014. -14с.
10. Осиновская, В.А. Пути повышения долговечности нежестких дорожных одежд / Вестник МАДИ– М.: Изд-во МАДИ, 2011. – №4(27). - 77-80с.
11. Осиновская, В.А. Конструкция дорожной одежды: опубликованная статья / В.А. Осиновская - Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» №4, 2012, -4с.
12. Золотарев, В.А. Концепция вечных дорожных одежд: научная статья / В.А. Осиновская – Москва: Журнал Наука и техника, 2015. -5с.
13. Котлярский, Э.В. «Строительно-технические свойства дорожного асфальтобетона»: учебное пособие / Э.В. Котлярский – Москва: МАДИ (ГТУ), 2004, -194с.
14. Котлярский, Э.В., Воейко, О.А. «Долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий и факторы, способствующие разрушению

структуры асфальтобетона в процессе эксплуатации» / Э.В. Котлярский, О.А. Воейко - Московский автомобильно-дорожный ин-т (Гос. технический ун-т). - Москва: Техполиграфцентр, 2007. - 136 с.

15. Баринов, Е.Н. «Оценка и прогнозирование долговечности дорожных асфальтобетонных покрытий» / Е. Н. Баринов - Министерство науки, высшей школы и технической политики Российской Федерации, Санкт-Петербургский ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строительный институт. - СПб., 1993. - 54с.

16. Лобзова, К.Я., Горелышев Н.В. «Техническая информация. Влияние плотности покрытий на их долговечность»: справ. пособие / К.Я. Лобзова, Н.В. Горелышев – Москва: МАДИ (ГТУ), 1963, -13с.

17. Углова. Е.В. Долговечность асфальтобетонных покрытий в условиях роста динамического воздействия транспортных средств / Е.В. Углова // Интернет-журнал Транспортные сооружения. Серия «Дорожный асфальтобетон» – 2007. – Вып. 2. - №5(14). – с. 23-25

18. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01–03). – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 144 с.

19. Кукин, П.П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): учебное пособие для вузов / П. П. Кукин – М.: Высшая школа., 2001. –319с.

20. Геврик Есть А. Охрана труда. - М.: Эльга; Ника-Центр, 2003. -280с.

21. ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов» Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2004. –48с.

22. ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ» Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1995. - 25с.

23. ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ». Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2015. -8с.

24. ГОСТ Р 52129-2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей» Технические условия. М.:Изд-во стандартов, 2003. - 39с.

25. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия / ГУП ЦПП. М.: Госстрой России, 1990. -8 с.