

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
Кафедра «Автомобильные дороги и городские сооружения»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
—_____ В. В. Серватинский
подпись
«_____ » _____ 2021 г.

Выпускная квалификационная работа бакалавра

**РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ПОЛИМЕРНО-
БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ БИТУМА НЕФТИАНОГО
ДОРОЖНОГО АЧИНСКОГО НПЗ**

08.03.01 Строительство
08.03.01.15 Автомобильные дороги

Руководитель _____ доцент кафедры, к. т. н Н. А. Артемьева
подпись, дата

Выпускник _____ Я. И. Мамедов
подпись, дата

Красноярск 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
ГЛАВА 1 Теоретический обзор.....	5
1.1 История применения полимер-битумных вяжущих	5
1.2 Полимеры, используемые для модификации битума	7
1.3 Преимущества и недостатки ПБВ и БНД.....	9
1.4 Способы производства ПБВ	11
1.5 Методики испытания ПБВ и оборудования, используемые при этом	15
1.6 Технические требования к ПБВ	25
ГЛАВА 2 Экспериментальная часть	28
2.1 Характеристики материалов	28
2.2 Состав ПБВ №1	30
2.3 Состав ПБВ №2	31
2.4 Состав ПБВ №3	32
ГЛАВА 3 Сравнение составов ПБВ	34
Заключение	36
Список использованных источников	39

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность данной работы обусловлена стремительным научно-техническим прогрессом, а также развитием всех элементов общественно-экономической эволюции. Автодороги, мосты, аэродромные и различные дорожные покрытия представляют собой важнейшее значение в жизни современного общества. Они осуществляют связующие и обеспечивающие жизнедеятельность функции. Посредством дорог у человечества появились возможности оперативно и беспрепятственно перемещаться из точки «А» в точку «Б», реализовывать перевозки грузов, тем самым способствовать развитию регионов и страны в целом.

Так, вопрос о качестве дорожного покрытия занимает приоритетное место в строительной отрасли, поскольку протяженность автомобильных дорог в РФ с каждым годом увеличивается. Тем самым возникает острая необходимость в использовании более качественных материалов в асфальтобетонных покрытиях. Поскольку в РФ в качестве основного компонента в асфальтобетонной смеси выступает битум нефтяной дорожный (БНД), вопрос о его качестве играет важнейшую роль, так как именно он дает гарантию на долговечность дорожного покрытия. Однако в РФ свойства БНД в значительной степени уступают по качеству битуму, используемому зарубежными странами. Такое явление связано с исходным сырьем, которое по химическому составу в иностранных государствах намного лучше в связи с отсутствием твердых парафинов. При решении данной проблемы появляется необходимость в замене некачественного битума на более усовершенствованный материал, такой как полимер-битумное вяжущее (ПБВ). Таким образом, нужно не только заменить БНД на ПБВ, но и подобрать его наиболее подходящий состав.

Цель данной работы – разработка оптимального состава полимер-битумного вяжущего на основе битума нефтяного дорожного Ачинского НПЗ.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- рассмотреть историю применения полимер-битумных вяжущих;
- описать полимеры, используемые для модификации битума;
- выявить преимущества ПБВ над БНД;
- изучить способы производства ПБВ;
- проанализировать методики испытания ПБВ и используемые при этом оборудования;
- разобрать технические требования к ПБВ;
- выявить оптимальный состав ПБВ посредством испытаний трех составов ПБВ в лабораторных условиях.

ГЛАВА 1 Теоретический обзор

1.1 История применения полимер-битумных вяжущих

Поскольку технический прогресс с каждым годом достигает все больших высот, численность населения растет, а города расширяют свои границы и возможности, сегодня невозможно представить свою жизнь без битума, который в среднем составляет 90% полимер-битумного вяжущего. Именно последнее может обеспечить высокий уровень дорожных покрытий и тем самым обеспечить промышленное развитие государства.

Итак, битум – «это многокомпонентная система, которая до температур 50-60°С существует в стеклообразном состоянии и, только, при температурах выше 90-100°С переходит в жидкое состояние, при 130-180°С битум по своим гидродинамическим характеристикам не отличается от обычных органических жидкостей» [1,93]. Консистенция битумов состоит из различных высокомолекулярных соединений нефти, которые объединены согласно величине молекулярного веса и характеру растворимости в селективных растворителях в категории углеводородов, смол и асфальтенов.

Если изучать историю, то природные битумы использовались еще задолго до цивилизации. Так, одна из самых первых конструкций с использованием этого материала была найдена в Индии – «бассейн, облицованный асфальтом, в городе Мохенджо-Даро, возраст которого превышает 5 тыс. лет» [2,128]. Есть версия, в соответствии с книгой Бытия Ветхого Завета, что битумы применялись на нашей планете задолго до 2500–3000 лет до н. э., а именно при строительстве Вавилонской башни [3,33].

Также «первые участки Великой китайской стены возводились на битуме, а для строительства зданий и башен, водопроводных и водосточных каналов, туннелей, в медицине, для мумификации трупов и др. использовались битумы и асфальты» [2,128].

Уже в XIX веке на улицах всех городов мира укладывались камни, и на некоторых территориях встречался асфальт.

В Российской Империи в 1824 г. первое месторождение битума было открыто в Самаре, впоследствии чего в 1871 г. запустили производство по изготовлению асфальтовой мастики, которая затем использовалась в изготовлении асфальтового покрытия в Москве.

Однако впервые «асфальтовое покрытие тротуаров было осуществлено в 1866 г. в Петербурге, и в 1869 г. - в г. Кронштадте с использованием ганноверской битум инозной породы, хотя к этому времени было открыто уже несколько месторождений битум содержащих пород в России» [4,5].

В процессе технического и промышленного развития человечество пришло к выводу о целесообразности модификации битума полимерами. Понятие «полимеров» впервые в научный обиход ввел шведский ученый Йенс Якоб Берцелиус, который позже дал такое определение как – «особый вид изомерии, когда вещества одинакового состава имеют различную молекулярную массу» [3,9].

Большая советская энциклопедия под полимерами указывает «химич. соединения с высокой молекулярной массой (от нескольких тысяч до многих миллионов), молекулы которых (макромолекулы) состоят из большого числа повторяющихся группировок (мономерных звеньев)» [5].

Спустя почти 100 лет битумы, модифицированные полимерами, были применены в кровельной промышленности, а после и в дорожном строительстве. А в 1966 г. в России в СоюздорНИИ по представлению А.С. Колбановской появились исследования, которые были направлены на выявление качественного органического вяжущего материала на основе с целью использования его в дорожном строительстве. Тем самым с 1967 г. был запущен процесс по изготовлению ПБВ на основе битума, который использовался при строительстве советских дорог. В этом же году «в Союздорнии Л.М. Гохманом под руководством А.С. Колбановской начаты работы по улучшению физико-механических свойств битумов» [6, 33].

Известно, что «первый опытный участок построен в октябре 1968 года силами ДЭУ114 Центрупрудора Минавтодора РСФСР в городе Электросталь

Московской области на ул. Советская. Второй – в июле 1969 года силами СУ846 Главдорстроя Минтрансстроя СССР на автодороге Москва – Рига, участок Великие Луки – п. Старая Торопа» [7].

Помимо прочего параллельно в 1966 г. производились экспериментальные исследования, целью которых стала разработка технического процесса полимерасфальтобетона, произведенного на базе ПБВ на основе стирол-бутадиен-стирол (СБС).

На основе результатов внедрения ПБВ в строительство дорожных, мостовых и аэродромных покрытий исследователи пришли к выводу, что соединение полимеров могли бы усовершенствовать некоторые характеристики дорожных битумов, и СоюздорНИИ рекомендовало обширное внедрение полимер-битумного вяжущего.

В 1972 г. были изданы «Методические рекомендации по применению полимерно-битумного вяжущего (на основе дст) при строительстве дорожных, мостовых и аэродромных асфальтобетонных покрытий», также в 2001 г. Министерство транспорта РФ выпустило распоряжение «О применении полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) на основе блоксополимеров типа СБС», далее распоряжением от 2003 г. было опубликовано «Руководство по применению комплексных органических вяжущих (КОВ), в том числе ПБВ, на основе блоксополимеров типа СБС в дорожном строительстве». В 2004 г. был введен в действие значимый в дорожной отрасли документ – ГОСТ Р 52056-2003 «Вяжущие полимерно-битумные на основе блок-сополимеров типа стирол-бутадиен-стирол».

Таким образом, полимерно-битумные вяжущие – это материалы, состав которых включает в себя битумы, модифицированные полимерами. В XXI веке активно ведется внедрение ПБВ в строительство дорог, мостов и т.д.

1.2 Полимеры, используемые для модификации битума

Поскольку радикальным решением в сфере улучшения качества и долговечности асфальтобетонного покрытия является модификация битума

пластомерами, появляется потребность в выявлении из них самых приемлемых. Также с экономической точки зрения следует указать о необходимости достижения значительного модифицирующего эффекта при этом, добавляя как можно меньше полимеров [9,141].

В дорожном строительстве наиболее используемыми модифицирующими добавками для битума являются термопласти, эластомеры и термоэластопласти.

Термопласти (пластомеры) — это полимеры, способные неоднократно преобразовываться при нагреве во высокоэластичное или вязко текучее состояние и в этой фазе перерабатываются в окончательный продукт. По завершению производства продукта они имеют возможность вторичной переработки то, что в особенности немаловажно при утилизации полимерных отходов.

Состоят пластомеры из линейных либо слаборазветвленных полимеров, размягчающихся при нагревании, однако при остывании они снова вернутся в прежнее твердое состояние. Вязкость и надежность битумов повышает добавление термопластов при обычных рабочих температурах от 30 °C до 60 °C, но тем не менее они не оказывают влияние на эластичность битумов. В процессе нагревания битумов, усовершенствованных пластомерами, отмечается склонность к разделению фаз битума и добавки, то есть полимер-битумные вяжущие не устойчивы к хранению. Таким образом, в качестве термопласта принято использовать полиэтилен.

Под эластомерами обычно понимают «полимеры, способные к большим обратимым высокоэластическим деформациям в широком диапазоне температур (от -60 до + 200 °C). Типичные представители эластомеров – каучуки и резины на их основе» [10,7].

Состав эластомеров характеризуется длинными полимерными цепочками с широкими разветвлениями, которые в свою очередь эластичны. Температура, в которой они имеют данное свойство, имеет большой диапазон - от низких до 200 °C. в результате добавления эластомеров в битум происходит увеличение свойств вязкости и улучшается эластичность. Однако эластомеры также как и

термопласти неустойчивы при хранении, и с целью предотвращения разделения фаз между полимером и битумом необходимо непрерывное перемешивание. Примером данного эластомера может служить каучук.

Термоэластопласти (термопластичные эластомеры) — «это класс синтетических полимеров, состоящих из твердых (термопластичных) и эластичных сегментов» [10,49].

При температурах выше обычных термоэластопласти хорошо размягчаются и также благополучно деформируются в этом состоянии. При добавлении полимера в битум обеспечивается одновременно высокая прочность и эластичность. Наиболее популярным представителем категории термопластичных эластомеров считается стирол-бутадиен-стирол (СБС).

Таким образом, полимеры предоставляют возможность уменьшить температуру хрупкости, а также повысить теплостойкость битумов. Применение подобных усовершенствованных полимерами материалов увеличивает срок службы асфальтобетонного покрытия.

1.3 Преимущества и недостатки ПБВ и БНД

На протяжении долгих лет битумные нефтяные материалы гарантировали неплохое качество автомобильных дорог, автомагистралей мостов и различных дорожных покрытий. Но постоянное увеличение автомобилей и грузовых машин создает непростые условия для эксплуатации дорог, построенных на основе БНД. Главное препятствие, возникающее из-за высоких осевых нагрузок и большой интенсивности движения — это деформирование асфальтобетонных покрытий (колея), построенных с помощью нефтяных битумов.

Полимер-битумные вяжущие это один из способов решения данной проблемы, так как они по многим показателям превосходят битум.

1) «ПБВ характеризуется способностью к большим высокоэластическим деформациям в широком диапазоне температур (от минус 55 до 60 °C), что обуславливает его высокие теплостойкость при повышенных эксплуатационных температурах (50 - 60 °C)» [11,6].

2) Укладка асфальтобетонных смесей на основе ПБВ разрешается при пониженной температуре (до минус 15°C).

3) Использование полимер-битумного вяжущего дает возможность повысить производительность асфальтобетонного завода из-за уменьшения температуры нагрева материалов, продлить строительный сезон благодаря способности укладывать и уплотнять смеси при более низких температурах.

4) Автомобильное покрытие, сделанное на основе ПБВ имеет повышенное сцепление с колесом машины.

5) Срок службы асфальтобетонного покрытия увеличивается в 2-3 раза, с 6 лет при использовании битума до 12-18 лет при использовании полимер-битумного вяжущего. В будущем это поможет существенно уменьшить расходы на эксплуатацию и ремонт дороги.

6) ПБВ превосходит битум по физико-механическим показателям такими как эластичность, КИШ, температура хрупкости, пенетрации.

7) У ПБВ наиболее сильное сцепление с минеральными материалами асфальтобетонной смеси.

Но у ПБВ еще есть ряд недостатков:

1) К ПБВ применяют специальные требования к перевозке и хранению. Температура нагрева не должна быть выше 160°C. Так как ПБВ расслаивается если его не перемешивают, то во время перевозки нужно создать условия перемешивания или циркуляции.

2) Максимальный срок хранения ПБВ не более 2 недель.

3) Малое транспортное плечо. Так как максимальная температура хранения и транспортировки ПБВ ограничена 160°C, а температура при разгрузке не должна быть ниже 140°C – это накладывает ограничение на дальность перевозки (обычно не более 1000 км.).
[12,3].

Сравнив ПБВ и БНД, формируется вывод о том, что у каждого вида есть свои преимущества, но у ПБВ больше положительных сторон. Рассматриваемый материал может гарантировать наиболее высокий уровень качества, что

проявляется в усовершенствованных характеристиках при совершении таких действий как: улучшение эластичности, повышение сцепных свойств, совершенствование температурных свойств.

1.4 Способы производства ПБВ

С целью производства наиболее высококачественного ПБВ, который впоследствии применяется в дорожном строительстве, специалисты несколько десятков лет изучают и исследуют процесс его изготовления. И поскольку вопрос качества дорожных покрытий на данный момент остается открытым, особенности производства дорожных материалов продолжают разрабатывать.

Система взаимодействия битумов и полимеров состоит в набухании полимера в битумных маслах и создании тем самым непрерывной фазы, составляющей каркас, заполненную битумом в качестве дисперсной фазы. При этом битум в процессе набухания теряет часть масел.

В общем виде процесс получения модифицированных битумных вяжущих показана на рисунке 1.1 [10,72].

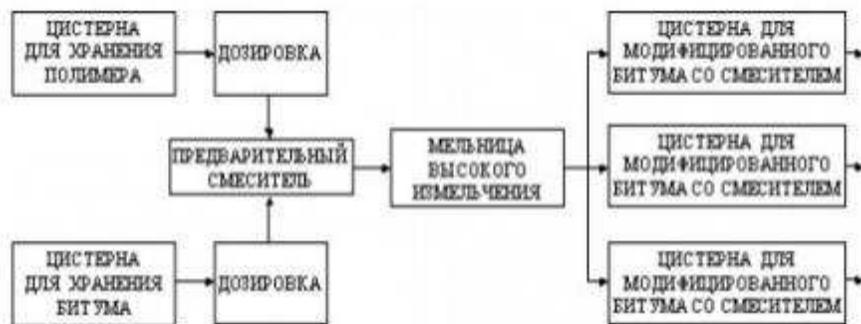


Рисунок 1.1 - Блок-схема получения модифицированных битумных вяжущих

Сегодня общество имеет большое количество альтернатив производства полимер-битумных вяжущих, и, как правило, они все предусматривают сильный нагрев и эффективное перемешивание.

Также, А.И. Абдуллин и др. кратко описали суть любого процесса приготовления ПБВ: «частица полимера, растворяясь в мальтеновой фракции битума, «набухает» – то есть образуется оболочка, под которой находится еще недорастворенное ядро частицы. Мешалка, в том числе и коллоидная мельница,

призвана удалить набухшую оболочку, обнажив сухое ядро, которое в свою очередь начинает растворяться в битуме» [10,72].

Кроме того, существует и другая технологическая схема производства модифицированного битумного вяжущего (рисунок 1.2) [10,73].

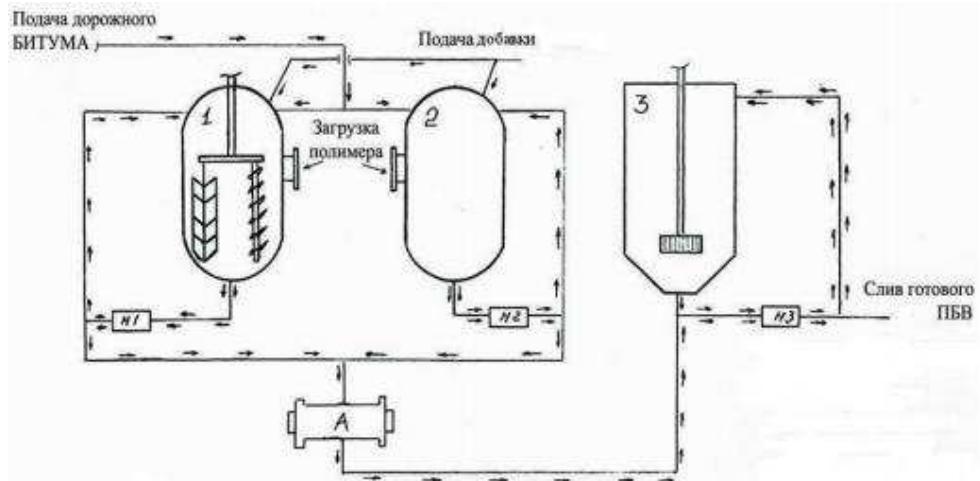


Рисунок 1.2 - Технологическая схема приготовления модифицированного битумного вяжущего

1,2 –смесители, 3 –турбосмеситель, Н1–Н2 – битумные станции, А – роторно–пульсационный аппарат.

Весь процесс, изображенный на рисунке 1.2 можно охарактеризовать как перевод сухого полимера в жидкое состояние посредством специального технологического процесса и дальнейшее смешение вязкого текучего полимера с нагретым до определенной температуры битумом. Таким образом, изначально в нашем распоряжении имеется сухой полимер и битум, а в результате получается полимер–битумное вяжущее.

В общем виде способы производства ПБВ существуют в РФ на нормативном уровне и выражены в ОДМ 218.2.003-2007 «Рекомендации по использованию полимерно-битумных вяжущих материалов на основе блоксополимеров типа СБС при строительстве и реконструкции автомобильных дорог» [13].

В разделе 6 подробно описаны два способа приготовления ПБВ. Так, согласно первому методу, все элементы ПБВ смешиваются в единой емкости. Здесь нужно учитывать, входит ли пластификатор в состав вяжущего – если

входит, то сначала его вводят в битум, мешают до однородной консистенции, а далее при перемешивании порциями добавляют полимер (в виде порошка или крошки). После, если полимер (типа СБС) не содержит поверхностно-активные вещества (ПАВ), то в заключительной стадии его вводят и доводят состав до однородного состояния.

В соответствии со вторым способом, в первую очередь производится предварительная готовка раствора полимера (РП) или битумосодержащего раствора блоксополимеров (БРП) согласно концентрации, установленной при подборе состава ПБВ. Далее эту смесь вводят в обезвоженный и нагретый битум, а затем – ПАВ и перемешивают раствор до однородного состояния.

ОДМ предлагает несложную схему приготовления ПБВ (рисунок 1.3).

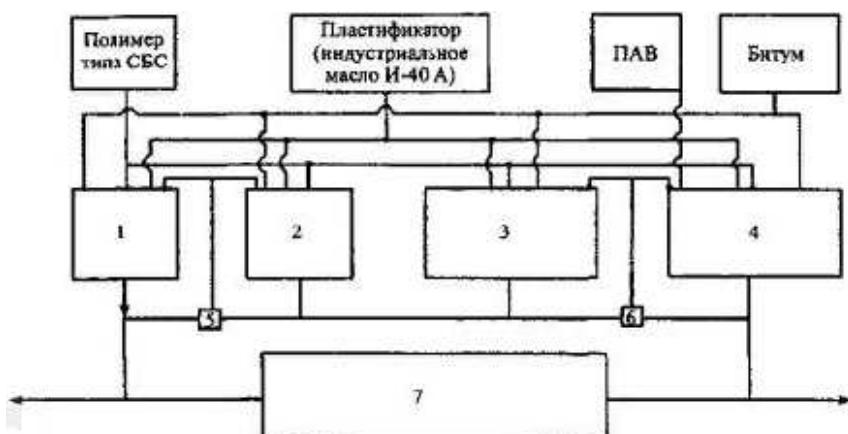


Рисунок 1.3 - Технологическая схема приготовления ПБВ

1, 2 - емкости для приготовления РП и БРП; 3, 4 - емкости для приготовления ПБВ; 5, 6 - диспергаторы (марки sifer); 7 - накопительная и раздаточная емкость.

Для того, что разобраться в процессе этих двух способов и выявить самый оптимальный, нужно изучить последовательность каждого из них.

В соответствии с первым способом, заранее обезвоженный и нагретый до 110-120°C битум, подают в емкость 3. Далее туда помещают нужное количество пластификатора, предварительно разогревшегося до 90-100°C, и мешают до однородного состояния, а затем порционно вводят полимер. Сперва реализуют перемешивание смеси до полного смачивания и однородного распределения полимера, а потом включают нагрев емкости и приступают к перемешиванию

консистенции с постепенным нагревом до 155-160°С. Далее, состав «пропускают через диспергатор 6 и перекачивают из емкости 3 в емкость 4 до полного освобождения емкости 3 и обратно для получения однородного ПБВ во всем объеме» [13]. Уже на завершающей стадии в емкость 4 вводят ПАВ, и готовое ПБВ перемещают в емкость 7.

Исходя из второго способа, полимер заранее растворяют в пластификаторе, подготавливая РП нужной концентрации в зависимости от состава ПБВ, который потом вводят в битум и перемешивают до однородного состояния. В случае если вязкость РП высокая и образуются проблемы при перемешивании и перемещении в расходные емкости, то в него добавляют битум и получают битумосодержащий раствор полимера – БРП.

Итак, подробнее о втором способе:

1. Для успешного приготовления раствора полимера пластификатор разогревают до 90-100°С и подают в емкость 1, в которую также попадает полимер. С целью получения однородной консистенции полимера, загруженные компоненты подвергают механическому перемешиванию. Затем полученную массу нагревают и пропускают через диспергатор 5.

2. После процесса, описанного выше, в РП добавляют часть битума, которая равна массе раствора полимера, обезвоженного и разогретого до 155-160°С и получают БРП.

3. С целью гарантированного получения однородного РП или БРП их перекачивают из емкости 1 в емкость 2 и обратно, пропуская через диспергатор 5, и периодически осуществляют контроль над достижением полного слива из определенной емкости. В то же время, в емкость 3 перемещают нагретый битум. После, готовый РП или БРП из емкости 1 подают в емкость 3, механически перемешивая и пропуская через диспергатор 6 снизу вверх. На завершающей стадии в емкость 4 вводят ПАВ, который заранее разогревают до 50°С, и перемешивают с ПБВ в течение 20-30 минут. Готовое ПБВ перекачивается в емкость 7.

В рассматриваемом ОДМ отмечено, что в лабораторных условиях приготовление ПБВ вторым способом занимает в 2 раза меньше времени по сравнению с первым способом, и из этого исходит вывод о разумности использования второго способа. Однако можно отметить, что в случае с первым способом, практически весь процесс приготовления ПБВ происходит в одной емкости. В частности, нами в лабораторных условиях использовался первый способ изготовления полимер-битумного вяжущего, в связи с отсутствием второй мешалки.

Именно поэтому выбор способа получения ПБВ организация выбирает исходя из своих интересов и возможностей.

1.5 Методики испытания ПБВ и оборудования, используемые при этом

Для испытания ПБВ существуют определенные методики, которые расположены в разных ГОСТах.

1) Метод определения глубины проникания иглы описан в ГОСТе 11501-78 [14].

Подготовка образца:

1. Испытуемый образец ПБВ нагревают до подвижного состояния, при осторожном перемешивании, избегая местных перегревов. Обезвоженный и расплавленный до подвижного состояния ПБВ процеживают через металлическое сито и наливают в пенетрационную чашку так, чтобы поверхность ПБВ «была не более чем на 5 мм ниже верхнего края чаши, и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха» [14].

2. Чашку с ПБВ при комнатной температуре охлаждают, закрывая образец от пыли. Время охлаждения составляет от 60 до 90 минут при испытании ПБВ с глубиной проникновения иглы до 250 и от 90 до 120 минут с глубиной проникновения иглы более 250.

3. Чашки, после остывания помещают в баню для терmostатирования при заданной температуре испытания. Время терmostатирования чашек в бане с

высотой 35 мм составляет от 60 до 90 минут, а чашек с высотой 60 мм от 90 до 120 минут. После термостатирования можно приступать к испытанию.

Проведения испытания:

1. Для разной температуры испытания требуются различные условия испытания. Например, при испытании при $0,0\pm0,1^{\circ}\text{C}$ общая масса груза должна быть $200,00\pm0,20$ грамм и время опускания иглы 60 секунд, а при $25,0\pm0,1^{\circ}\text{C}$ общая масса должна быть $100,00\pm0,15$ грамм и время опускания 5 секунд.

2. После выбора температуры испытания чашку с ПБВ вынимают из бани и помещают в сосуд, который наполнен водой таким образом, чтобы высота жидкости над поверхностью была не менее 1 см, а температура воды при этом должна соответствовать температуре испытания.

3. Сосуд устанавливают на столбик пенетрометра и иглу помещают в гнездо пенетрометра.

4. После этого доводят кремальеру до верхней площадки плунжера, несущего иглу, и устанавливают стрелку на нуль или отмечают ее положение, после чего одновременно включают секундомер и нажимают кнопку пенетрометра, давая игле свободно входить в испытуемый образец в течение 5 с, по истечении которых отпускают кнопку. После этого доводят кремальеру вновь до верхней площадки плунжера с иглой и отмечают показание пенетрометра.

5. Испытание повторяют не менее 3 раз в разных точках на поверхности образца, отстоящих от краев чашки и друг от друга не менее чем на 10 мм. После каждого проникновения иглы её вынимают из гнезда и отмывают её керосином или другим растворителем и насухо вытирают.

2) Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару указан в ГОСТе 11506-73 [15].

Подготовка образца:

1. Испытуемый образец ПБВ нагревают до подвижного состояния, при осторожном перемешивании, избегая местных перегревов. Обезвоженный и расплавленный до подвижного состояния ПБВ процеживают через металлическое сито и тщательно перемешивают для удаления пузырьков

воздуха. Затем наливают с некоторым избытком в два ступенчатых кольца, помещенные на пластинку, которая покрыта смесью декстрина с глицерином, при этом нужно тщательно избегать образования пузырьков воздуха.

2. После охлаждения колец с ПБВ на воздухе в течение 30 минут при комнатной температуре избыток ПБВ следует гладко срезать нагретым ножом вровень с краями колец.

Проведение испытания:

1. Для ПБВ с температурой размягчения ниже 80 °С кольца с ПБВ помещают в отверстия верхней пластиинки аппарата. В среднее отверстие верхней пластиинки вставляют термометр так, чтобы нижняя точка ртутного резервуара была на одном уровне с нижней поверхностью ПБВ в кольцах. Штатив с испытуемым ПБВ в кольцах и направляющими накладками помещают в стеклянный стакан (баню), заполненный, температура которой (5 ± 1) °С, уровень воды над поверхностью колец не менее 50 мм.

2. По истечении 15 мин штатив вынимают из бани, на каждое кольцо в центре поверхности ПБВ кладут пинцетом стальной шарик, охлажденный в бане до (5 ± 1) °С, и опускают подвеску обратно в баню, избегая появления пузырьков воздуха на поверхности ПБВ. Устанавливают баню на нагревательный прибор так, чтобы плоскость колец была строго горизонтальной. Температура воды в бане после первых 3 мин подогрева должна подниматься со скоростью ($5\pm0,5$) °С в минуту.

Для обеспечения равномерности нагрева по высоте бани применяют механическую мешалку.

3. Для каждого кольца и шарика отмечают температуру, при которой выдавливаемый шариком ПБВ коснется нижней пластиинки.

3) Метод определения растяжимости можно найти в ГОСТе 11505-75 [16].

Подготовка к испытанию:

1. Испытуемый образец ПБВ нагревают до подвижного состояния, при осторожном перемешивании, избегая местных перегревов. Обезвоженный и расплавленный до подвижного состояния ПБВ процеживают через

металлическое сито и тщательно перемешивают для удаления пузырьков воздуха. Затем ПБВ наливают в три формы “восьмерки” тонкой струей от одного конца к другому, пока она не заполнится выше краев.

2. Залитый в форму ПБВ оставляют охлаждать при комнатной температуре на 30-40 минут, а затем гладко срезают горячим ножом от середины к краям так, чтобы битум заполнял формы ровень с их краями.

3. Формы с битумом помещают в ванну дуктилометра. Высота слоя воды над ПБВ должна быть не менее 25 мм; в ванне поддерживают температуру испытания, добавляя горячую или холодную воду или лед. При определении растяжимости при 25 °C температура воды поддерживается (25±0,5) °C, при определении растяжимости при 0 °C температура воды поддерживается (0±0,5) °C.

4. По истечении 1 ч формы с битумом вынимают из воды, снимают с пластинки и закрепляют в дуктилометре, для чего кольца зажимов формы надевают на штифты, находящиеся на салазках и на стойке дуктилометра. После этого отнимают боковые части форм.

5. После того, как температура воды в дуктилометре установится (25±0,5) °C при испытании при 25 °C и (0±0,5) °C - при испытании при 0 °C, включают мотор дуктилометра и наблюдают за растяжением битума. Скорость растяжения должны быть 5 см/мин.

6. За растяжимость битума принимают длину нити битума в сантиметрах, отмеченную указателем в момент ее разрыва. Для каждого образца проводят три определения. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение трех параллельных определений.

4) Метод определения температуры хрупкости по Фраасу находится в ГОСТе 11507-78 [17].

Подготовка к испытанию:

1. Испытуемый образец ПБВ нагревают до подвижного состояния, при осторожном перемешивании, избегая местных перегревов. Обезвоженный и расплавленный до подвижного состояния ПБВ процеживают через

металлическое сито и тщательно перемешивают для удаления пузырьков воздуха.

2. Затем две пластиинки тщательно промывают керосином, высушивают и взвешивают с погрешностью не более 0,01 грамма и наливают ($0,40 \pm 0,01$) грамма ПБВ на выпуклую при изгибе сторону пластиинки.

3. Пластиинку с навеской битума кладут на верхнюю плитку устройства для расплавления битума и осторожно нагревают нижнюю плитку-отражатель газовой горелкой или другим источником тепла до тех пор, пока битум не растечется равномерно по поверхности пластиинки.

4. В захваты устройства для сгибания (при расстоянии между пазами захватов $40,0 \pm 0,1$ мм) вставляют пластиинку так, чтобы битумный слой был расположен наружу.

Проведения испытания:

1. Устройство для сгибания пластиинки вставляют в стеклянную пробирку с небольшим количеством хлористого кальция. Температура в пробирке должна быть не ниже 15°C . Вводят порциями охлаждающий агент и понижают температуру в пробирке со скоростью $1^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, при этом допускаемые отклонения не должны превышать $\pm 1^{\circ}\text{C}$ за 10 мин.

2. Сгибать пластиинку начинают при температуре примерно на 10°C выше ожидаемой температуры хрупкости. Сгибают и распрямляют пластиинку равномерным вращением рукоятки со скоростью около 1 об/с сначала в одну сторону до достижения максимального прогиба пластиинки (при уменьшении расстояния между пазами захватов до $(36,5 \pm 0,1)$ мм), а затем в обратную сторону до достижения исходного положения. Весь процесс сгибания и распрямления пластиинки должен заканчиваться за 20-24 с. Операцию повторяют в начале каждой минуты и отмечают температуру в момент появления первой трещины. Для уточнения появления трещины допускается кратковременно извлекать пробирку с битумом из сосуда Дьюара или широкой пробирки. Полученные значения не должны различаться больше чем на 3°C , если это происходит, то делают третье испытание.

5) Метод определения эластичности ПБВ определяется в соответствии с часть 6.2 ГОСТа 52056-2003 [18].

Проведение испытания:

«Эластичность ПБВ определяют непосредственно после испытания образцов на растяжимость. Формы с разорвавшимися образцами снимают со штифтов дуктилометра и помещают в отдельную емкость, температура воды которой равна 35 °С, с целью ускорения сокращения образцов при определении эластичности ПБВ при 25 °С. Затем проводят измерения (с точностью до 0,1 см) обеих частей образца от свободного конца образца до зажима формы и момента изменения длины не более чем на 0,1 см за 15 мин. При определении эластичности ПБВ при 0 °С измерения проводят при (0±0,5) °С» [18].

Показатель эластичности вычисляют по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{(\mathcal{D}+l)-L}{\mathcal{D}} * 100\%, \quad (1.5)$$

где \mathcal{D} - растяжимость, см;

l - длина образца до его растяжения, равная 3 см;

L - сумма длин двух частей образца после их восстановления (по последнему измерению), см.

6) Метод определения однородности ПБВ описан в части 6.1 указанного выше ГОСТа.

Подготовка к испытанию:

Итак, «пробу ПБВ массой 0,5 кг отбирают в фарфоровый стакан. Если проба ПБВ хранилась при температуре ниже температуры размягчения ПБВ, то перед испытанием ее следует разогреть до температуры, превышающей на 10 °С температуру приготовления ПБВ, и перемешать в течение 5-6 мин» [18].

Проведение испытания:

Процесс начинается с погружения стеклянной палочки «в подготовленную пробу ПБВ на 3-4 с, затем извлекают и визуально оценивают характер стекания вяжущего с палочки и состояние пленки вяжущего на ее поверхности» [18]. При

этом ПБВ должно стекать с палочки равномерно и на ее поверхности не должно появляться сгустков и комков.

Рассмотренные выше методики помогут в процессе лабораторных испытаний ПБВ, а также определить их результаты.

При исследовании ПБВ могут использоваться различные технические оборудование, в частности - Пенетрометр автоматический для битумов ПН-20, дуктилометр полуавтоматический ДБ-150, аппарат для определения температуры размягчения нефтебитумов КИШ-20М4 и аппарат для определения температуры хрупкости нефтебитумов АТХ-20.

Итак, разберем их подробнее.

1) Пенетрометр автоматический для битумов ПН-20.

Пенетрометр автоматический для битумов ПН-20 (рисунок 1.4) [19] создан с целью определения пенетрации нефтепродуктов (битумов, полимер-битумных вяжущих) путем механического погружения в тестируемый образец иглы при установленной температуре в протяжении установленного времени. Устройство автоматически зафиксирует итог анализа в единицах пенетрации, соответствующих целым числам 10-х долей мм. После окончания испытания устройство дает звуковой сигнал. Результат испытания и время пенетрации показываются на мониторе электронного блока и также хранятся в памяти оборудования.



Рисунок 1.4 - Пенетрометр автоматический для нефтепродуктов (битумов) ПН-20

Основные технические характеристики прибора:

Диапазон пенетрации- 630 единиц пенетрации;

Погрешность измерения - не более 1 единицы пенетрации;

Время пенетрации – от 1 до 3599 секунд;

Время задержки перед выполнением пенетрации- от 0 до 3599 секунд;

Скорость движения стола- от 0,02 до 5 мм/с;

Потребляемая мощность - не более 50 Вт;

Напряжение- от 187 до 242 В.

2) Дуктилометр полуавтоматический ДБ-150.

Дуктилометр ДБ-150 (рисунок 1.5) [20] нужен для определения максимальной длины, на какую способен растянуться без разрыва битум залитый в “восьмерку”, раздвигаемую со стабильной скоростью при установленной температуре. Определение растяжимости нефтепродуктов производится благодаря ГОСТу 11505-75. Основные механизмы дуктилометра являются ванна, внутри которой располагается мобильная каретка с штифтами.

Дуктилометр дает возможность испытать одновременно 3 растягиваемых образца.



Рисунок 1.5 - Дуктилометр полуавтоматический ДБ-150

Основные технические характеристики прибора:

Диапазон определения- от 0 до 150 см;

Скорость растяжения- $0,5 \pm 0,025$, $5,0 \pm 0,25$ см/мин;

Точность поддержания температуры- $\pm 0,5^\circ\text{C}$;

Потребляемая мощность – 0,07 кВт.

3) Аппарат для определения температуры размягчения нефтебитумов КИШ-20М4.

Устройство КиШ-20М4 (рисунок 1.6) [21] создано для нагревания нефтепродуктов в диапазоне от 5 до 200°C , а также для определения температуры, при которой нефтепродукт, находящийся в кольце, коснется нижней пластинки под воздействием стального шара. Установка оснащена встроенным нагревателем, механизированной мешалкой, а также датчиком температуры и нагревает образцы со скоростью $(5 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ в минуту. Четыре автоматических детектора гарантируют верное определение температуры размягчения в отсутствии лаборанта.



Рисунок 1.6 - Аппарат для определения температуры размягчения нефтебитумов
КИШ-20М4

Основные технические характеристики прибора:

Диапазон измерений температуры размягчения: от +20 до +200°C;

Количество испытуемых образцов: 4 штуки;

Потребляемая мощность, не более: 1200 В·А;

Напряжение: от 187 до 253 В.

4) Аппарат для определения температуры хрупкости нефтебитумов ATX-20.

Устройства ATX-20 (рисунок 1.7) [22] создано для определения хрупкости нефтепродуктов в диапазоне от -45 до + 20°C. Аппарат поддерживает автоматическое понижение температуры образца. Установка может работать в разных режимах: стандартный, ускоренный или экспресс.



Рисунок 1.7 - Аппарат для определения температуры хрупкости нефтебитумов АТХ-20

Основные технические характеристики прибора:

Диапазон измерений температуры хрупкости: – 45 до + 20°C;

Охлаждение модулей Пельтье: водяное;

Скорость понижения температуры: 1,0°C /мин;

Потребляемая мощность, не более: 450 В·А;

Напряжение: от 187 до 242 В.

Использование специальных лабораторных приборов и устройств позволяет выявить и получить необходимые характеристики материалов и веществ, а также сравнить полученные данные о свойствах и определить, например, оптимальный состав ПБВ.

1.6 Технические требования к ПБВ

При производстве полимерно-битумных вяжущих, несомненно, должны использоваться определенные технические регламенты и рекомендации по данному процессу. Соблюдение всех требований и правил является необходимой частью деятельности приготовления ПБВ.

Итак, в части 3 ГОСТа Р 52056-2003 перечислены основные требования, предъявляемые к ПБВ, которые приведены в таблице 1.1 [18].

Таблица 1.1 - Технические требования к полимерно-битумным вяжущим (ПБВ)

Наименование показателя	Норма для вяжущего марки						Метод испытания
	ПБВ 300	ПБВ 200	ПБВ 130	ПБВ 90	ПБВ 60	ПБВ 40	
1 Глубина проникания иглы, 0,1 мм, не менее, при температуре:							По ГОСТ 11501
25 °C	300	200	130	90	60	40	
0 °C	90	70	50	40	32	25	
2 Растворимость, см, не менее, при температуре:							По ГОСТ 11505
25 °C	30	30	30	30	25	15	
0 °C	25	25	20	15	11	8	
3 Температура размягчения по кольцу и шару, °C, не ниже	45	47	49	51	54	56	По ГОСТ 11506
4 Температура хрупкости по Фраасу, °C, не выше	-40	-35	-30	-25	-20	-15	По ГОСТ 11507 с дополнением по 6.3 настоящего стандарта
5 Эластичность , %, не менее, при температуре:							По 6.2 настоящего стандарта
25 °C	85	85	85	85	80	80	
0 °C	75	75	75	75	70	70	
6 Изменение температуры размягчения после прогрева, °C, не более (по абсолютной величине)	7	7	6	6	5	5	По ГОСТ 18180, ГОСТ 11506
7 Температура вспышки, °C, не ниже	220	220	220	220	230	230	По ГОСТ 4333

Марка ПБВ в данных технических требованиях зависит от глубины проникания иглы (при 25 °C).

Помимо общих требований, которым должны соответствовать полимерно-битумные вяжущие, существуют также специальные, устанавливаемые в соответствии с территориальным принципом.

Так, обращаясь к приложению Ж ГОСТа 9128-2013, можно просмотреть температуру размягчения ПБВ в разных регионах и городах. Если взять два значительно отдаленных друг от друга города, то можно выявить определенную разницу в показателях (таблица 1.2) [23].

Таблица 1.2 - Региональные технические требования к ПБВ и полимерасфальтобетонам

Республика, край, область, пункт	Температура размягчения ПБВ по методу "Кольцо и Шар" (ГОСТ 11506), не ниже
Красноярск	60
Мурманск	51

Проанализировав приведенную выше таблицу, представляется, что температура размягчения ПБВ в зависимости от территориального расположения варьируется, а также немного отличается от той, которая приведена в основном ГОСТе.

Таким образом, полимерно-битумные вяжущие должны соответствовать техническим и механическим характеристикам, утвержденным на законодательном уровне. Помимо прочего, именно указанные данные позволяют выявить все недостатки и преимущества в сравнении с другими материалами, например, с БНД, о котором говорилось в параграфе 1.1.

Рассмотрев и изучив теоретические аспекты темы данной выпускной квалификационной работы, нами могут быть сделаны выводы о преимуществе ПБВ над БНД, а также о необходимости соблюдения всех установленных методов приготовления ПБВ и изготовления его в соответствии с техническими требованиями, установленными нормативными актами. Исходя из полученной информации, нами может быть проведена экспериментальная работа, содержанием которой будет являться выявление оптимального состава ПБВ в лабораторных условиях.

ГЛАВА 2 Экспериментальная часть

2.1 Характеристики материалов

Для того, чтобы подобрать оптимальный состав ПБВ, необходимо учитывать все характеристики составляющих его компонентов, таких как: битум БНД 100/130, адгезол-ЗМП, СБС LG 501 и Honeywell Titan 7686.

Битум БНД 100/130 используется в строительстве дорог (как гидроустойчивый связующий материал), а также строительстве и ремонте дорожных и аэродромных покрытий. Основное предназначение битума состоит в связывании составных частей дорожного асфальтобетона в единое целое при этом, сохраняя необходимую пластичность и прочность.

Для изготовления ПБВ нам нужно знать значения битума по физико-механическим показателям, которые приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты испытания битума БНД 100/130

Наименование показателя	Фактические данные	Требования НТД (БНД 100/130)
Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм	103 101 101	От 101 до 130
Глубина проникания иглы при 0°C, 0,1 мм	38 40 40	Не менее 30,0
Температура размягчения по кольцу и шару, °C	46,9 47,0	Не ниже 45,0
Растяжимость при 25°C, см	86,3 90,6	Не менее 70,0
Растяжимость при 0°C, см	4,78 4,79	Не менее 4,0
Температура хрупкости, °C	-21,0 -21,5	Не выше -20,0

Модификатор дорожных битумов Адгезол-ЗМП представляет собой высококачественную органическую композицию на основе нефтеполимерных смол и смеси гудронов вторичных, которые получаются за счет дистилляции жирных кислот растительных масел.

Адгезол необходим для улучшения свойств вяжущего, таких как: пенетрация при 0°C, растяжимость при 0°C, увеличение температуры хрупкости. Итогом введения модификатора является обеспечение надежной работы битумного вяжущего в структуре асфальтобетонного покрытия при отрицательных температурах и удобоукладываемость асфальтобетонной смеси.

Преимуществами адгезола являются: простота ввода в битум в виде раствора — это позволяет равномерно и мгновенно смешивать ПБВ, ускорение процесса изготовления ПБВ благодаря уменьшению времени, требуемого для растворения полимеров в битумном вяжущем, и существенное снижение стоимости ПБВ.

Следующее рассматриваемое вещество — СБС LG 501. Это добавка для дорожного строительства, предназначенная для роста качества и увеличения срока службы дорожных полотен.

Преимущества данной добавки состоят в ее способности понижать температуру хрупкости и повышении теплостойкости и эластичности.

Не менее важной представляется многофункциональная добавка, сочетающая качества низкотемпературной укладки, эффективного сопротивления деформациям дорожного полотна и хорошую адгезивность - Honeywell Titan 7686. Использование Honeywell дает возможность производить ПБВ по «гибридным» рецептограм (например, с использованием СБС).

Преимущества добавки заключаются, во-первых, в невысокой дозировке, во-вторых, в ее способности повышения КиШ, и, в-третьих, в ее возможности увеличивать адгезию битума к минеральной части.

По рекомендациям разработчиков добавок адгезол вводят в битум от 3 до 7%, СБС от 2,4 до 3,5% и Honeywall 0,5%.

Так, принимаем в состав №1 минимальные значения добавок, в состав №2 берем максимальные значения добавок и в составе №3 средние значения добавок. В таблице 2.2 приведены полученные составы, которые будут использованы в исследованиях.

Таблица 2.2 – Составы ПБВ

Компонент	Битум БНД 100/130	Адгезол ЗМП/7	СБС Lg 501	Honeywall Titan 7686
№ состава				
1	94,1	3,0	2,4	0,5
2	89,0	7,0	3,5	0,5
3	91,7	5,0	2,8	0,5

Нами были использованы три вида добавок в составе полимер-битумного вяжущего, поскольку каждая из них улучшает его разные показатели. Так, адгезол повышает пенетрацию при 0°C, растяжимость при 0°C и увеличивает температуру хрупкости, СБС повышает температуру хрупкости и эластичность, а Honeywell увеличивает КиШ.

2.2 Состав ПБВ №1

На основании проведенного теоретического обзора и литературных данных принято решение о необходимости разработки оптимального состава ПБВ и испытании его по физико-механическим свойствам.

Исходя из указанного состава, нами были проведены исследования в соответствии с методиками испытания ПБВ и получены значения, приведенные в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Результаты испытания состава ПБВ №1

Наименование показателя	Фактические данные	Требования НТД (ПБВ-90)
Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм	93 95 93	Не менее 90,0

Окончание таблицы 2.3

Глубина проникания иглы при 0°C, 0,1 мм	35 34 35	Не менее 40,0
Температура размягчения по кольцу и шару, °C	55,9 57,5	Не ниже 51,0
Растяжимость при 25°C, см	60,5 63,4	Не менее 30
Растяжимость при 0°C, см	16,4 17,3	Не менее 15
Эластичность при 25°C, см	89,2 89,4	Не менее 85
Эластичность при 0°C, см	71,8 71,7	Не менее 75
Температура хрупкости, °C	-23,1 -23,6	Не выше -25
Однородность	Однородно	Однородно

В результате проведенного исследования нами был сделан вывод о том, что полимер-битумное вяжущее не отвечает требованиям ГОСТ Р 52056-2003 и не соответствует марке ПБВ-90 по пенетрации при 0°C, эластичности при 0°C и температуре хрупкости.

2.3 Состав ПБВ №2

Так как состав №1 не отвечал требованиям ГОСТа в состав №2, было добавлено больше полимеров и уменьшено количество битума в смеси.

Исходя из указанного состава, нами были проведены исследования в соответствии с методиками испытания ПБВ и получены значения, приведенные в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Результаты испытания состава ПБВ №2

Наименование показателя	Фактические данные	Требования НТД (ПБВ-90)
Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм	103 100 99	Не менее 90,0
Глубина проникания иглы при 0°C, 0,1 мм	59 60 61	Не менее 40,0
Температура размягчения по кольцу и шару, °C	74,7 74,2	Не ниже 51,0
Растяжимость при 25°C, см	53,2 57,8	Не менее 30
Растяжимость при 0°C, см	49,2 50,3	Не менее 15
Эластичность при 25°C, см	93,3 92,6	Не менее 85
Эластичность при 0°C, см	89,8 89,7	Не менее 75
Температура хрупкости, °C	-35,5 -37	Не выше -25
Однородность	Однородно	Однородно

В результате проведенного исследования нами был сделан вывод о том, что полимер-битумное вяжущее отвечает требованиям ГОСТа Р 52056-2003 и соответствует марке ПБВ-90.

2.4 Состав ПБВ №3

Несмотря на то, что прошлый состав полностью отвечал требованиям ГОСТа и соответствовал марке ПБВ-90, мы уменьшили количество полимеров в смеси и добавили больше битума, чтобы посмотреть возможность получения ПБВ с меньшим использованием добавок, и при этом соответствовал требованиям ГОСТа.

Исходя из указанного состава, нами были проведены исследования в соответствии с методиками испытания ПБВ и получены значения, приведенные в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты испытания состава ПБВ №3

Наименование показателя	Фактические данные	Требования НТД (ПБВ-90)
Глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм	99	Не менее 90,0
	97	
	98	
Глубина проникания иглы при 0°C, 0,1 мм	49	Не менее 40,0
	50	
	50	
Температура размягчения по кольцу и шару, °C	70,4	Не ниже 51,0
	68,7	
Растяжимость при 25°C, см	57,2	Не менее 30
	62,3	
Растяжимость при 0°C, см	28,8	Не менее 15
	31,5	
Эластичность при 25°C, см	92,8	Не менее 85
	92,5	
Эластичность при 0°C, см	77,4	Не менее 75
	77,4	
Температура хрупкости, °C	-29,4	Не выше -25
	-29,7	
Однородность	Однородно	Однородно

В результате проведенного исследования нами был сделан вывод о том, что полимер-битумное вяжущее отвечает требованиям ГОСТа Р 52056-2003 и соответствует марке ПБВ-90.

В заключение экспериментальных работ, нами были сделаны выводы о трех составах ПБВ, в частности об их соответствии ГОСТу и о наиболее приоритетном и оптимальном составе.

ГЛАВА 3 Сравнение составов ПБВ

В процессе выполнения данной работы были предложены три состава ПБВ. В данном разделе необходимо провести сравнение этих составов по показателям ПБВ, таким как: пенетрация, КиШ, растяжимость, эластичность и температура хрупкости. Это необходимо для того, чтобы выбрать оптимальный состав полимер-битумного вяжущего, который по наибольшему количеству показателей будет соответствовать.

Итак, сравнение трех составов представлено в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Сравнение составов ПБВ

Наименование показателя	Состав №1	Состав №2	Состав №3	Требования НТД (ПБВ-90)
Пенетрация при 25°C, 0,1 мм	93	103	99	Не менее 90,0
	95	100	97	
	93	99	98	
Пенетрация при 0°C, 0,1 мм	35	59	49	Не менее 40,0
	34	60	50	
	35	61	50	
КиШ, °C	55,9	74,7	70,4	Не ниже 51,0
	57,5	74,2	68,7	
Растяжимость при 25°C, см	60,5	53,2	57,2	Не менее 30
	63,4	57,8	62,3	
Растяжимость при 0°C, см	16,4	49,2	28,8	Не менее 15
	17,3	50,3	31,5	
Эластичность при 25°C, см	89,2	93,3	92,8	Не менее 85
	89,4	92,6	92,5	
Эластичность при 0°C, см	71,8	89,8	77,4	Не менее 75
	71,7	89,7	77,4	
Температура хрупкости, °C	-23,1	-35,5	-29,4	Не выше -25
	-23,6	-37	-29,7	
Однородность	Однородно	Однородно	Однородно	Однородно

Проанализировав таблицу видно, что состав №2 и состав №3 отвечают всем требованиям ПБВ по ГОСТу Р 52056-2003, но в составе №2 добавляется больше полимеров, а отсюда следует, что в экономическом плане будет выгодно выбрать состав №3, так как он тоже отвечает всем требованиям ГОСТа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью подведения итогов написанной дипломной работы, нами будут сделаны заключения по ее основным положениям.

Итак, полимерно-битумные вяжущие – это материалы, состав которых включает в себя битумы, модифицированные полимерами. В век цивилизационного процесса, особенно большое значение занимает вопрос о качественном и перспективном в эксплуатации ПБВ, который активно используется в XXI веке в строительстве дорог, мостов и аэродромных строениях. Полимеры, находящиеся в составе ПБВ, играют незаменимую роль, так как предоставляют возможность уменьшить температуру хрупкости, а также повысить теплостойкость битумов. Так же применение подобных усовершенствованных полимерами материалов увеличивает срок службы асфальтобетонного покрытия.

Несмотря на то, что на протяжении долгих лет битумные нефтяные материалы гарантировали неплохое качество автомобильных дорог, автомагистралей мостов и различных дорожных покрытий, в связи с появлением в XXI веке высоких осевых нагрузок и большой интенсивности движения, появилась проблема в применении нефтяных битумов - это деформирование асфальтобетонных покрытий (колея). И решением данной проблемы стало внедрение ПБВ в дорожном строительстве. В доказательство превосходности последнего над битумом можно привести заключения, сделанные посредством сравнения этих двух материалов. ПБВ может гарантировать наиболее высокий уровень качества, что проявляется в усовершенствованных характеристиках при совершении таких действий как: улучшение эластичности, повышение сцепных свойств, совершенствование температурных свойств.

Если говорить о способах производства ПБВ, то в общей сложности их 2:
1) все элементы ПБВ смешиваются в единой емкости и 2) в первую очередь производится предварительная готовка раствора полимера (РП) или битумосодержащего раствора блоксополимеров (БРП) согласно концентрации,

установленной при подборе состава ПБВ, а затем эту смесь вводят в обезвоженный и нагретый битум, а затем – ПАВ и перемешивают раствор до однородного состояния. Относительно преимущества конкретного способа, отмечается, что в лабораторных условиях приготовление ПБВ вторым способом занимает в 2 раза меньше времени по сравнению с первым способом, и из этого исходит вывод о разумности использования второго способа. Однако можно отметить, что в случае с первым способом, практически весь процесс приготовления ПБВ происходит в одной емкости, что возможно может упростить работу в лаборатории.

При испытании ПБВ существует определенная совокупность способов и методов, в соответствии с которыми они должны производиться. Такие методики испытания полимерно-битумных вяжущих содержатся в различных ГОСТах, в частности нами использовались: метод определения глубины проникания иглы; метод определения температуры размягчения по кольцу и шару; метод определения растяжимости; метод определения температуры хрупкости по Фраасу. Однако применение перечисленных методик испытания ПБВ невозможно без использования специальных лабораторных приборов и устройств, которые позволяет не только выявить и получить необходимые характеристики материалов и веществ, а также сравнить полученные данные о свойствах и определить, например, оптимальный состав ПБВ.

Для полимерно-битумных вяжущих существуют определенные технические и механические характеристики, которым они должны соответствовать. А также эти данные позволяют выявить все недостатки и преимущества ПБВ в сравнении с другими материалами.

Исходя из полученных теоретических знаний, нами были произведены лабораторные исследования по испытанию трех составов ПБВ согласно определенным методикам, а также сделаны выводы по каждому из них. Далее, в ходе сравнения рассмотренных составов был выявлен наиболее оптимальный и экономически выгодный состав ПБВ.

Исходя из проделанной работы можно сделать вывод о том, что состав полимер-битумного вяжущего №3 получился самым лучшим, так как в этом составе меньше используется полимеров в сравнении с составом №2. Второй состав отвечает всем требованиям ГОСТ Р 52056-2003, особенно по таким показателям как температура размягчения по кольцу и шару, растяжимость при 25°C и пенетрация при 0°C.

Эффективность и качество полимер-битумного вяжущего должно подтверждаться в составе асфальтобетонной смеси. Только разработав состав АБС и испытав его на физико-механические свойства можно будет судить об эффективности и качестве подобранного состава ПБВ. Это будет дальнейший этап работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лебедева, К. Ю. Исследование характеристик и реологических свойств ПБВ [Электронный ресурс] / К. Ю. Лебедева, В. В. Алексеенко // Научно-исследовательские публикации. – 2013. - № 3. С. 92-97. // Научная электронная библиотека «Киберленинка». - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru>.
2. Страхова, Н. А. Становление и развитие битумного производства [Электронный ресурс] / Н. А. Страхова, А. Н. Маслак, Н. А. Белова [и др.] // Молодой ученый. — 2017. — № 14. - С. 128-132. // Научная электронная библиотека «Елайбари». - Режим доступа: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.
3. Свиридов, Е. Б. Книга о полимерах: свойства и применение, история и сегодняшний день материалов на основе высокомолекулярных соединений / Е. Б. Свиридов, В. К. Дубовый. – Архангельск: САФУ, 2016. – 392 с.
4. Мукаев, И. С. Исторические аспекты использования нефтяных битумов в производстве асфальтобетонных смесей: На примере дорожно-строительных предприятий г. Уфы: автореф. дисс.... канд. техн. наук: 07.00.10. / Мукаев Ильдар Салимович. – Уфа, 2000. - 24 с.
5. Большая советская энциклопедия [Электронный ресурс] // Словари онлайн. – Режим доступа: <https://slovaronline.com/>.
6. Гохман, Л. М. Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимерасфальтобетон: учебно-методическое пособие / Л. М. Гохман. - Москва: ЭКОН-ИНФОРМ, 2008. – 117 с.
7. История разработки и проблемы с внедрением ПБВ в России [Электронный ресурс] / Электронный журнал: Автомобильные дороги. - 2013. - № 8. // Журнал «Автомобильные дороги». - Режим доступа: <http://www.avtodorogi-magazine.ru/>.
8. Дошлов, О. И. Полимерно-битумное вяжущее – высокотехнологичная основа для асфальта нового поколения [Электронный ресурс] / О. И. Дошлов, Е. Г. Спешилов // Вестник Иркутского государственного

технического университета. – 2013. – № 6. – С. 140-144. // Научная электронная библиотека «Киберленинка». - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru>.

9. Осовская, И. И. Эластомеры: учебное пособие / И. И. Осовская, Е. В. Савина, В. Е. Левич. – Санкт-Петербург: Высшая школа СПбГУПДТ, 2016. – 126 с.

10. Абдуллин, А. И. Битумные вяжущие: учебное пособие / А. И. Абдуллин [и др.]. – Казань: КНИТУ, 2012. – 100 с.

11. Методические рекомендации по применению полимерно-битумного вяжущего (на основе дст) при строительстве дорожных, мостовых и аэродромных асфальтобетонных покрытий. – Москва: СоздорНИИ, 1979. – 46 с.

12. Пат. 2718808 Российская Федерация, МПК C08L 95/00, C08L 9/06, B29C 48/04, B29B 9/16, C04B 26/26. Способ производства концентрата полимерно-битумного вяжущего / С. А. Анисимов, А. А. Шимов, А. К. Тезин; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное объединение «Градиент». – 2019127643; заявл. 09.02.19; опубл. 04.14.20, Бюл. №11. – 9 с.

13. ОДМ 218.2.003-2007 Руководство по применению комплексных органических вяжущих (ков), в том числе пбв, на основе блоксополимеров типа сбс в дорожном строительстве. [Электронный ресурс] – Москва: РОСАВТОДОР, 2007. // Информационно-правовая система «Кодекс». - Режим доступа: <https://kodeks.ru/>.

14. ГОСТ 11501-78 Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы. [Электронный ресурс] – Введ. 01.01.1980. // Информационно-правовая система «Кодекс». - Режим доступа: <https://kodeks.ru/>.

15. ГОСТ 11506-73 Битумы нефтяные. Определение температуры размягчения по кольцу и шару. [Электронный ресурс] – Введ. 01.07.1974. // Информационно-правовая система «Кодекс». - Режим доступа: <https://kodeks.ru/>.

16. ГОСТ 11505-75 Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости. [Электронный ресурс] – Введ. 01.01.1977. // Информационно-правовая система «Кодекс». - Режим доступа: <https://kodeks.ru/>.

17. ГОСТ 11507-78 Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу. Введ. 01.01.1980. // Информационно-правовая система «Кодекс». - Режим доступа: <https://kodeks.ru/>.

18. ГОСТ Р 52056-2003 Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. [Электронный ресурс] – Введ. 01.01.2004. // Информационно-правовая система «Кодекс». - Режим доступа: <https://kodeks.ru/>.

19. Пенетрометр автоматический для нефтепродуктов (битумов) ПН-20: Оборудование для анализа нефтепродуктов / Лабораторное и технологическое оборудование // UED-lab Лабораторное и технологическое оборудование. – Режим доступа: <https://www.ued-lab.ru/>.

20. Дуктилометр полуавтоматический ДБ-150 / Лабораторное и технологическое оборудование // UED-lab Лабораторное и технологическое оборудование. – Режим доступа: <https://www.ued-lab.ru/>.

21. Аппарат для определения температуры размягчения нефтебитумов КИШ-20М4 / Лабораторное и технологическое оборудование // UED-lab Лабораторное и технологическое оборудование. – Режим доступа: <https://www.ued-lab.ru/>.

22. Аппарат для определения температуры хрупкости нефтебитумов АТХ-20 / Лабораторное и технологическое оборудование // UED-lab Лабораторное и технологическое оборудование. – Режим доступа: <https://www.ued-lab.ru/>.

23. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. – 11.01.2014. // Информационно-правовая система «Кодекс». - Режим доступа: <https://kodeks.ru/>.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
Кафедра «Автомобильные дороги и городские сооружения»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
V. B. Серватинский
подпись
«23» 06 2021 г.

Выпускная квалификационная работа бакалавра

**РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ПОЛИМЕРНО-
БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ БИТУМА НЕФТЯНОГО
ДОРОЖНОГО АЧИНСКОГО НПЗ**

08.03.01 Строительство
08.03.01.15 Автомобильные дороги

Руководитель 24.06.21г. доцент кафедры, к. т. н Н. А. Артемьева
подпись, дата

Выпускник 24.06.21г. Я. И. Мамедов
подпись, дата

Красноярск 2021

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт

Кафедра «Автомобильные дороги и городские сооружения»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
B.B. Серватинский
подпись
«24 » 04 2021г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Мамедову Яшару Имрановичу
фамилия, имя, отчество
Группа ДС17-11Б. Направление (специальность) 08.03.01.15
номер код
«Автомобильные дороги»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы «Разработка оптимального состава полимерно-битумного вяжущего на основе битума нефтяного дорожного Ачинского НПЗ»
Утверждена приказом по университету № 3121/с от 4 марта 2021 г.

Руководитель ВКР Н.А. Артемьева, канд. техн. н., доцент, доцент кафедры АДиГС.

Исходные данные для ВКР Отсутствуют

Перечень основных разделов ВКР:

ВВЕДЕНИЕ

- 1 Теоретический обзор
- 2 Экспериментальная часть
- 3 Сравнение составов полимер-битумного вяжущего

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перечень графического материала:

- 1 История происхождения ПБВ и классификация полимеров
- 2 Преимущества и недостатки полимер-битумного вяжущего
- 3 Технологическая схема приготовления ПБВ
- 4 Оборудование для испытания ПБВ
- 5 Подбор оптимального состава ПБВ

Руководитель ВКР

05.03.21г. Н.А. Артемьева

Задание принял к исполнению

Мамедов Я.И.
подпись, инициалы и фамилия студента

« 5 » марта 2021 г.