

**Федеральное Агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству**  
**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО**  
**«ОМСКИЙ СОЮЗДОРНИИ»**  
**(ОАО «ОМСКИЙ СОЮЗДОРНИИ»)**

**УДК 691.16:620.1**  
**ОКПО 01393728**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Генеральный директор**  
**ОАО «Омский СоюзДорНИИ**  
**Шалабодов В.И.**

**«\_\_\_\_\_» мая 2008 г.**

**Отчет**  
**по научно-исследовательской работе :**  
**«Использование добавок SECABASE RT BIO и**  
**SECABASE RT 945 для снижения температуры**  
**уплотнения асфальтобетона»**

**г. Омск – 2008 г.**

**Список исполнителей**

Заведующий лаборатории асфальтобетонных покрытий -	О.С. Некрасова
Заведующий лаборатории испытания строительных материалов -	В.И. Зубкова
Ответственный исполнитель ведущий инженер -	М.Ф. Микодина
ведущий инженер -	Р.В. Легких
инженер 1 категории -	Е.И. Авдеева
инженер 1 категории -	Л.Ю. Мурашова
инженер 1 категории -	Е.И. Вознесенская
инженер 2 категории -	Е.Г. Киселев
инженер 2 категории -	Е.Г. Пархоменко
инженер 2 категории -	С.Ю. Кареева
инженер 2 категории -	В.В. Чередова
инженер 2 категории -	К.А. Кадейкин
инженер 2 категории -	А.В. Вышимирский

## Реферат

Отчет состоит из стр., 8 рисунков, 8 таблиц, источников.

*Поверхностно-активные добавки, горячий и теплый асфальтобетон, водостойкость.*

Объектом исследования являются поверхностно-активные полимерные добавки производства Фирмы SECA ARKEMA GROUP - SECABASE RT BIO и SECABASE RT 945 (Франция), позволяющие снизить температуру приготовления горячего асфальтобетона на 30 – 50 °С. В работе показано влияние указанных добавок на свойства битума и стабильность свойств битума при длительном прогреве при 160<sup>0</sup>С в тонком слое. Изучено влияние добавок на свойства асфальтобетона, сформованного при разных температурах и с различным количеством вовлеченных добавок. Определены оптимальная температура формовки асфальтобетонных образцов и оптимальное количество добавок к битуму. Показана эффективность применения добавок SECABASE RT BIO и SECABASE RT 945 для снижения температуры приготовления асфальтобетона и перевода горячего асфальтобетона в разряд теплых смесей. Рекомендовано строительство опытного участка для уточнения интервала температур эффективного использования указанных добавок.

## Оглавление

1. Введение .....	5
2. Методика проведения испытаний добавок CECABASE RT BIO и CECABASE RT 945 для снижения температуры пригото- вления и уплотнения асфальтобетона.....	10
3. Материалы, принятые для исследований, и результаты испытаний.....	14
4. Выводы и рекомендации .....	22
5. Заключение.....	24
6. Приложение .....	25
7. Список использованной литературы.....	26

## Введение

Для устройства покрытий на автомобильных дорогах высших технических категорий широко применяют горячий асфальтобетон, срок службы которого в условиях современного транспорта должен составлять 16 – 18 лет. Однако имеющийся опыт эксплуатации асфальтобетонных покрытий показывает, что они чаще всего выходят из строя раньше срока, определяемого износом, вследствие возникновения различных деформаций и разрушений: наплывов, волн, трещин, выкрашивания. Это происходит потому, что тип асфальтобетона не всегда отвечает эксплуатационным требованиям, обеспечивающим долговечность покрытия и его надлежащее состояние в период эксплуатации.

Горячую асфальтобетонную смесь приготавливают на вязких битумах и традиционно производят при температурах 140 – 160<sup>0</sup>С. В этом диапазоне температур каменный материал является сухим (его температура может достигать 180<sup>0</sup>С) и вязкость битума понижена до такого уровня, при котором он покрывает щебень, смесь является достаточно подвижной и удобообрабатываемой для ее равномерного перемешивания и последующего перемещения в накопительный бункер или силос.

Теплый асфальтобетон (в его традиционном понимании в СССР) приготавливали на битумах пониженной вязкости либо жидких и укладывали при 40 – 80<sup>0</sup>С (иногда до 100<sup>0</sup>С). Такой асфальтобетон после уплотнения и охлаждения смеси обычно не набирал проектной плотности и прочности, и его дальнейшее формирование, сопровождавшееся испарением легких фракций с одновременным доуплотнением транспортными средствами, происходило в течение нескольких недель. При этом ровность покрытия зачастую ухудшалась.

В последнее время развитие дорожной науки позволило применять новые конструкции и материалы для увеличения срока службы асфальтобетонных покрытий – это состав асфальтобетонной смеси (использование полимеров, поверхностно-активных добавок, применение щебеночно-мастичного асфальтобетона и др.), конструирование дорожной одежды с использованием различных геосеток и др. материалов для защиты дорожного полотна от деформационных разрушений.

За последние 10 лет в Европе, а затем в США появились новые технологии, позволяющие понизить температуру перемешивания асфальтобетонной смеси, приготавливаемой на вязком битуме (с пенетрацией 40 – 130) на 20 – 40<sup>0</sup>С без ухудшения прочностных характеристик покрытия по сравнению с традиционным горячим асфальтобетоном, приготовленным на тех же битумах. Это достигается за счет относительно новых физико-химических эффектов, приводящих к снижению сопротивления смеси сдвигу во время ее приготовления и укатки. Обычный диапазон приготовления таких смесей от 105 до 125<sup>0</sup>С. Их применение позволяет снизить энергозатраты, уменьшить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и запах, сопровождающий укладку горячей асфальтобетонной смеси, снизить интенсивность старения вяжущего, увеличить радиус возки и продлить строительный сезон.

Новая технология теплого асфальтобетона была разработана в Европе и впервые представлена в докладах на конференции в Сиднее и конгрессе «Евробитум» в 2000 г. Концепция новой технологии проста. На первой стадии каменный материал смешивают с менее вязким битумом, что дает возможность добиться обволакивания зерен и приготовить смесь при пониженной температуре по сравнению с обычной для горячих смесей. На второй стадии вводят более вязкий битум в виде порошка, эмульсии либо пены. Эти битумы подбирают так, чтобы комбинированная смесь имела свойства, близкие к таковым для традиционной горячей смеси данного минерального материала с вязким битумом.

Натурные испытания показали, что более практичным и экономичным вариантом является введение второй порции битума в виде пены. Смесь укладывают и уплотняют при температурах 80 – 90<sup>0</sup>С. Утверждается, что выделение двуокиси углерода (СО<sub>2</sub>) уменьшается на 30% в связи с понижением температуры приготовления смеси, а вынос пылевидных загрязняющих веществ в атмосферу уменьшается на 50 – 60 % по сравнению с производством горячей смеси. Технология смешения при этом немного усложняется, но стоимость вяжущего увеличивается незначительно, и уплотненная смесь не

требует продолжительного ухода, а свойства получаемого асфальтобетона очень близки к традиционному горячему асфальтобетону.

Другой вариант технологии производства теплого асфальтобетона с применением цеолита Aspra-min (Германия). Это синтетический алюмосиликат натрия. Он поставляется в виде шарообразных белых гранул диаметром 0,3 мм в мешках по 25 или 30 кг. При невысокой температуре он может содержать до 20% воды по массе. Если его нагреть до температуры выше 85<sup>0</sup>С, то поглощенная вода высвобождается.

Компания Eurova утверждает, что 0,3 % гранул цеолита по массе асфальтобетонной смеси достаточно для снижения температуры смешения и укладки на 30<sup>0</sup>С. Цеолит вводят пневматически через специально встроенный питатель прямо в смеситель периодического действия одновременно с битумом. Высвобождаемая из цеолита вода вспенивает битум.

Следующий технологический процесс с брендом Sasobit был предложен компанией Sasool Wax. Его коротко называют средством для увеличения текучести битума. Sasobit – это синтетический парафиновый воск, мелкокристаллический алифатический углеводород, получаемый путем газификации угля или природного газа (метана) с использованием технологии синтеза Фишера - Тропша. Sasobit характеризуется преобладающей длиной углеводородных цепей в диапазоне от 40 до 115 атомов углерода. У содержащихся в битумах парафинов длина этих цепей – 22 – 45 атомов углерода. Поэтому Sasobit, в отличие от содержащихся в битуме парафинов, имеет температуру плавления 102<sup>0</sup>С. Поставляется в виде гранул или порошка. При температуре выше 120<sup>0</sup>С полностью растворяется в битуме. При температуре ниже 102<sup>0</sup>С он образует в битуме кристаллообразную сетчатую структуру. Добавляется от 1 до 3 % по массе битума, снижая его вязкость, что позволяет понизить температуру приготовления смеси на 18 – 50<sup>0</sup>С. Улучшается также и уплотняемость смеси. Не рекомендуется вводить свыше 4% добавки, поскольку это может негативно сказаться на прочности покрытия при низких температурах. Как показало опытное строительство в шт. Виргиния (США) плотность и прочностные характеристики асфальтобетона были почти

одинаковыми с горячими смесями, однако коэффициент водостойкости теплой смеси не достиг довольно высокого требуемого в Виргинии значения 0,8. Добавка гашеной извести позволила улучшить водостойкость асфальтобетона.

Предложена технология Evoterm, недавно разработанная в США, когда асфальтобетонную смесь приготавливают на битумной эмульсии с добавками, разработанными компанией. Добавки предназначены для улучшения смачиваемости и сцепления битума с каменным материалом и удобоукладываемости смеси. Содержание добавок – около 0,5 % от массы битумной эмульсии. Концентрация битума в эмульсии около 70 %. Смесь приготавливают при температуре 80 – 105<sup>0</sup>С, а уплотняют при 60 – 80<sup>0</sup>С. В связи с этим компания Mead Westvaco сообщает о возможном сокращении затрат топлива на 55 % и снижении выбросов CO<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub> на 45% и оксидов азота на 60 %.

Было предложено еще несколько технологий теплого асфальтобетона: Asphaltan B (Германия), Low Energy Asphalt – Fairco (Франция) и др.

В целом новые технологии теплого асфальтобетона показывают следующие преимущества:

- снижение энергозатрат на 15 – 30 % при приготовлении асфальтобетонной смеси на вязком битуме за счет уменьшения температуры;
- замедление остывания смеси при транспортировке (теплые смеси остывают медленнее горячих) и обусловленное этим увеличение дальности возки;
- уменьшение выброса вредных веществ в атмосферу (углекислого газа – на 30% , дыма и пылевидных отходов – на 50 – 60 %), уменьшение неприятного запаха при укладке асфальтобетона и температуры в зоне производства работ (что существенно в городских условиях);
- продление строительного сезона за счет улучшения удобообрабатываемости смеси и возможности ее уплотнения при пониженных температурах воздуха;



- уменьшения термоокислительного старения битума вследствие снижения температур приготовления и укладки смеси, что повышает сопротивление асфальтобетона усталости и появлению трещин при охлаждении.

Пока доля теплых смесей в Европе не превышает 1 % от производства асфальтобетонных смесей и период наблюдений за их поведением в эксплуатации еще недостаточен для твердого суждения об их перспективах.

Исследовательский Центр Le Centre de Recherche Rhone-Alpes концерна Arkema разработал для своего филиала СЕСА (специальная химия) добавки в битум на основе ПАВ, которые позволяют снизить приблизительно на 50<sup>0</sup>С температуру укладки асфальтобетона в дорожное покрытие, что приводит к уменьшению количества выделений вредных газов и снижает пылеобразование в процессе приготовления асфальтобетонной смеси, снижает вероятность старения битума в процессе приготовления асфальтобетона.

Основная задача Фирмы СЕСА – добиться того, чтобы ее клиенты смогли компенсировать расходы на добавку за счет экономии энергии. У теплых асфальтобетонов есть три преимущества:

1. Снижение потребления энергии на 20 – 50 %, и как следствие снижение выбросов вредных газов (углекислого газа – монооксида углерода – окиси азота) на 20 – 50 %.
2. Снижение на 90 % пылеобразования при производстве смеси.
3. Улучшение условий труда рабочих, снижение теплового излучения от смеси

При разработке добавок СЕСАBASE RT, СЕСА стремилась к тому, чтобы не снизить производительность процесса: классическая технология производства горячего асфальтобетона не меняется. Добавки просто вводятся в битум.

В данной работе исследована эффективность использования добавок СЕСАBASE RT ВЮ, СЕСАBASE RT 945 для снижения температуры уплотнения горячей асфальтобетонной смеси.

## **Методика проведения испытаний добавок «СЕСАВАСЕ RT» для снижения температуры уплотнения асфальтобетона.**

Свойства строительных материалов определяются их составом, состоянием и структурой. Важным признаком является структура, определяемая количеством и качеством минеральных составляющих, их взаимным расположением и характером связей.

Качество асфальтобетонной смеси на основе битума, минерального порошка, песка и щебня в значительной мере зависит от температурного фактора, который является основным в управлении реологическими свойствами. Процесс структурообразования протекает в зависимости от скорости охлаждения. По мере падения температуры битум переходит из идеальной жидкости в структурированную, а затем приобретает свойства твердого тела. Весь характер процессов структурообразования определяется, в основном, скоростью снижения температуры и конечной ее величиной.

Асфальтобетон представляет собой совокупность органически взаимосвязанных компонентов. Исключение одного компонента приводит к изменению свойств всей совокупности. Свойства совокупности значительно отличаются от свойств компонента.

Прочность асфальтобетона как материала с коагуляционными связями в большей степени зависит от температуры. Так, известно, что прочность при сжатии асфальтобетона при минус  $30^{\circ}\text{C}$  достигает  $250 \text{ кгс/см}^2$ , а при  $+60^{\circ}\text{C}$  – всего  $1 - 5 \text{ кгс/см}^2$ . Свойства минеральных компонентов в этом диапазоне эксплуатационных температур почти не изменяются. Таким образом, изменение прочности асфальтобетона под влиянием температуры полностью связано с изменением свойств битума. Следовательно, законы изменения свойств асфальтобетона под влиянием температуры идентичны законам изменения свойств битума, поэтому можно полагать, что определяющим изменения свойств асфальтобетона является битумная пленка.

Основными способами регулирования структурно- механических свойств асфальтобетона является регулирование содержания и структуры жидкой фазы. Это может быть осуществлено расходом битума и выбором вязкости битума.

Прочность коагуляционной связи зависит от многих факторов, главнейшими из которых являются: вязкость вяжущего, толщина битумной пленки, характер поверхности и прочность минеральных зерен, адгезия битума к минеральному материалу.

Показатели прочности на сжатие и растяжение, полученные при различных температурах, используются для оценки однородности структуры асфальтобетона. Прочность асфальтобетона на сжатие определяется сцеплением между составляющими и внутренним трением. В то же время прочность при растяжении асфальтобетона на достаточно прочном щебне определяется сцеплением между составляющими и зависит от адгезионных и когезионных свойств битума.

Структурообразование в асфальтобетоне начинается с момента объединения минеральных материалов с битумом и заканчивается при уплотнении уплотняющими средствами.

Смачивание в какой-то степени является первым актом избирательной адсорбции и хемосорбции отдельных компонентов битума поверхностью каменных материалов.

Хемосорбционные процессы, приводящие к образованию новых химических соединений на границе раздела фаз, протекают в сроки, значительно превышающие период активного структурообразования, поэтому они в меньшей степени влияют на формирование коагуляционных связей в асфальтобетонной смеси.

Степень покрытия каменных материалов битумом в значительной мере взаимосвязана с вязкостью вяжущего. В общем случае, чем ниже вязкость битума, тем быстрее и равномернее все зерна покрываются битумной пленкой. Снижение вязкости достигается повышением температуры вяжущего.

Затрата работы на укладку, разравнивание и уплотнение смеси зависит от ее подвижности и уплотняемости. Необходимая подвижность смеси достигается в основном за счет повышения температуры, снижающей вязкость битума. Подвижность и рыхлость асфальтобетонной смеси, в свою очередь, зависит от ее структуры, количества битума и качества минерального порошка.

При уплотнении битумная пленка выполняет роль смазки, снижающей внутреннее трение в сыпучем материале, и работа, необходимая для уплотнения смеси, уменьшается. Работа уплотнения с увеличением содержания битума в смеси уменьшается, а при уменьшении содержания битума – возрастает.

Регулировать процессы уплотнения можно изменением температуры асфальтобетонной смеси. Однако, в случае недостаточной когезионной прочности при высокой температуре смеси, способность смеси к уплотнению понижается. Поэтому уплотнять асфальтобетонную смесь необходимо не при максимальной температуре смеси, а при оптимальной. Оптимальная температура смеси зависит от типа битума, смеси и уплотняющих средств.

Прочность и долговечность асфальтобетона, уплотненного до проектной плотности при невысоких температурах, как правило, выше, чем бетона с той же плотностью, но уплотненного при высокой температуре. Это связано с тем, что с понижением температуры увеличивается толщина ориентированного слоя битума за счет уменьшения свободного битума на минеральных частицах (3).

Весьма эффективно регулировать уплотняемость асфальтобетонной смеси введением в битум или смесь поверхностно-активных веществ. ПАВ способствуют образованию развитого ориентированного слоя на частицах минерального материала, и этим уменьшается трение между ними.

Процесс уплотнения является завершающей стадией активного структурообразования асфальтобетона.

По величине предельной температуры эффективного уплотнения асфальтобетона устанавливается минимальная температура начала уплотнения и требуемая температура начала уплотнения и требуемая температура при выходе из смесителя.

К концу уплотнения минеральные частицы асфальтобетона приобретают устойчивое положение, фиксированное битумными пленками. Скорость твердения асфальтобетона взаимосвязана с температурой воздуха и вязкостью исходного битума. Надо полагать, что быстрое охлаждение асфальтобетона до пониженных температур ухудшает условия формирования прочных

коагуляционных связей. Поэтому выбор максимальной температуры начала укатки в зависимости от типа смеси и температуры воздуха должен обеспечивать время остывания не менее 3 – 4 часов.

К сожалению в лабораторных условиях невозможно определить фактическую максимальную и минимальную температуры эффективного уплотнения асфальтобетонной смеси, поэтому полученные данные исследований позволяют при сравнительном анализе говорить только о возможности снижения температуры уплотнения асфальтобетона на определенную величину.

По рекомендациям Фирмы СЕСА испытуемые добавки СЕСАBASE RT ВЮ и RT 945 вводились в разогретый до 150<sup>0</sup>С битум и перемешивались при температуре 150<sup>0</sup>С лопастной мешалкой со скоростью примерно 50 об/мин в течение 30 мин.

Принятый для исследования каменный материал нагревался до температуры 120 – 150<sup>0</sup>С, в зависимости от заданной температуры формования образцов асфальтобетонной смеси, и к нему добавлялось расчетное количество битума с температурой 150<sup>0</sup>С. Приготовление асфальтобетонной смеси производилось в лабораторном смесителе при заданных температурах. Формование и испытание образцов производилось в соответствии с требованиями ГОСТ 12801-98 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства», а результаты испытаний оценивались в соответствии с нормами, установленными ГОСТ 9128-97 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон».

Образцы из асфальтобетонных смесей на исходном битуме приготавливались при 150<sup>0</sup>С и формовались при разных температурах. Образцы из асфальтобетонных смесей на битумах с добавками в количестве 0,3% и 0,5% приготавливались при 120<sup>0</sup>С и также формовались при разных температурах. Далее после испытаний сравнивались полученные результаты и их соответствие требованиям вышеуказанных ГОСТов.

Для испытаний добавок СЕСА подобрана смесь плотного мелкозернистого асфальтобетона марки I тип А. В качестве вяжущего принят битум БНД 90/130

по ГОСТ 22245-90 производства ОАО «Газпромнефть – ОНПЗ», как рекомендуемый ГОСТ 9128-97 для II дорожно-климатической зоны России.

### **Материалы, принятые для исследований, и результаты испытаний**

Добавки, представленные Firmой СЕСА, по приложенным аннотациям имеют следующие свойства (табл.1)

Таблица 1

#### Характеристика добавок Фирмы СЕСА SEKABASE

Наименование	RT BIO	RT 945
Состав	Органические производные жирных спиртов (полимер) >90% Ортофосфорная кислота <5%	Состав на основе полимеров Имидазолин >25%
Внешний вид при 25 <sup>0</sup> С	Однородная жидкость	Однородная жидкость
Цвет	Светло-желтый	Светло-желтый
рН	Около 2,2 (10% в воде)	Щелочность по перхлору 4,2-5,2
Точка застывания	Около 14 <sup>0</sup> С	Около минус 10 <sup>0</sup> С
Точка воспламенения	Более 100 <sup>0</sup> С	Более 100 <sup>0</sup> С
Плотность при 25 <sup>0</sup> С	Около 1,030 кг/м <sup>3</sup>	Около 1,000 кг/м <sup>3</sup>
Растворимость в воде В других р-рителях	Не растворим -	Не растворим В ароматич. и спиртах
Вязкость при 25 <sup>0</sup> С	-	Макс. 700 мПа.с

Характеристика принятого для исследования битума БНД 90/130 и его смесей с добавкой RT ВЮ представлена в таблице 2.

Таблица 2

## Физико-механические свойства битума и его композиций с RT ВЮ

Показатели	ГОСТ 22245-90 БНД 90/130	БНД 90/130	БНД 90/130 + RT ВЮ		Требования EN 12591	
			0,3 %	0,5%	70/100	35/50
Глубина проникания иглы, 0,1 мм , при 25 <sup>0</sup> С при 0 <sup>0</sup> С	91-130 н.м. 28	95 33	96 32	96 34	70-100 -	35-50 -
Температура размягчения по КиШ, <sup>0</sup> С, не ниже	43	45,2	45,2	45,0	43-51	50-58
Растяжимость, см, не менее при 25 <sup>0</sup> С при 0 <sup>0</sup> С	65 4,0	100 4,0	110 4,1	- -	- -	- -
Температура хрупкости, <sup>0</sup> С, не выше	- 17	- 29	- 24	- 25	- 10	- 5
Температура вспышки, <sup>0</sup> С, н.н.	230	298	291	-	230	240
Изменение КиШ после прогрева, <sup>0</sup> С, не более	5	2	2,3	-	КиШ не менее 45	КиШ не менее 52
Индекс пенетрации	-1 - +1	- 1,0	- 0,9	- 1,0	-1,5 +0,7	-1,5 +0,7
Сцепление с применяемыми каменными материалами	-	к.о.1	к.о.1	-	-	-

Характеристика принятого для исследования битума БНД 90/130 и его композиций с добавкой RT 945 представлена в таблице 3.

Таблица 3

Физико-механические свойства битума БНД 90/130 и его композиций с RT 945

Показатели	ГОСТ 22245-90 БНД 90/130	БНД 90/130	БНД 90/130 + RT 945		Требования EN 12591	
			0,3%	0,5%	70/100	35/50
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 25 <sup>0</sup> С при 0 <sup>0</sup> С	91-130 н.м.28	95 33	92 35	98 34	70-100 -	35-50
Температура размягчения по КиШ, <sup>0</sup> С, не ниже	43	45,2	46,0	45,7	43-51	50-58
Растяжимость, см, не менее : при 25 <sup>0</sup> С при 0 <sup>0</sup> С	65 4,0	100 4,0	105 4,5	- -	- -	- -
Температура хрупкости, <sup>0</sup> С, не выше	- 17	- 29	- 28	- 28	-10	- 5
Температура вспышки, <sup>0</sup> С, не ниже	230	298	293	-	230	240
Изменение КиШ после прогрева, <sup>0</sup> С, не более	5	2,0	2,3	-	КиШ н.м. 45	КиШ н.м. 52
Индекс пенетрации	-1 +1	- 1,0	- 0,7	- 0,7	-1,5 +0,7	-1,5 +0,7
Сцепление с применяемыми каменными материалами	-	к.о. 1	к.о.1	-	-	-

Анализ результатов испытания битумов с добавками СЕСАВАСЕ RT ВЮ и RT 945 показывает, что введение добавок в количестве 0,3 – 0,5 % практически мало изменяет свойства исходного битума. При этом необходимо отметить, что введение RT 945 несколько улучшает реологические свойства исходного битума, что характеризуется небольшим повышением индекса пенетрации.

Далее производился расчет состава асфальтобетонной смеси мелкозернистой горячей, плотной, тип А, марка I. В качестве исходных



материалов приняты: щебень фракции 5 – 15 мм карьера Абаза и отсев фракции 0 – 10 карьера Сатка.

Данные по проектированию состава асфальтобетонной смеси приведены в Приложении 1.

На принятых минеральных материалах произведен подбор состава асфальтобетонной смеси на исходном битуме (Табл. 8 в Приложении). При этом содержание битума изменялось от 4,0 до 5,0%. Результаты представлены в таблице № 4.

Таблица 4.

Подбор оптимального состава асфальтобетонной смеси

Показатели	Требования ГОСТ 9128-97	Содержание битума, % масс.		
		4,0	4,5	5,0
Прочность при 50 <sup>0</sup> С, МПа	не менее 1,0	1,5	1,5	1,3
Водонасыщение, %, объем.	2,0 – 5,0	4,5	2,7	1,9
Прочность при 20 <sup>0</sup> С в водонасыщенном состоянии, МПа	-	3,9	3,7	3,6
Пористость мин. части, %	не более 19	16,2	16,0	16,4
Остаточная пористость, %	2,5 – 5,0	6,5	4,9	4,2
Плотность, г/см <sup>3</sup>	-	2,54	2,56	2,56

За оптимальный принят состав асфальтобетона с содержанием битума 4,5 %. В дальнейшем все асфальтобетонные образцы изготавливались с содержанием битума или композиционного вяжущего в количестве 4,5 %.

Далее были сформованы и испытаны образцы асфальтобетона на исходном битуме и на композициях с содержанием добавки SECABASE RT BIO в количестве 0,3 и 0,5% (табл. 5).

Таблица 5

## Изменение свойств асфальтобетона с добавкой RT ВЮ

Показатели	Требование ГОСТ 9128-97	на БНД 90/130 при температурах, °С			БНД 90/130 + 0,3 % RT ВЮ при температурах, °С				БНД 90/130 +0,5% RT ВЮ при температурах, °С		
		150	120	100	150	120	100	80	150	120	100
Прочность на сжатие при 20 <sup>0</sup> С, МПа	не менее 2,5	3,7	3,2	2,8	3,7	3,4	3,0	2,5	3,7	3,6	3,5
Прочность на сжатие при 50 <sup>0</sup> С, МПа	не менее 1,0	1,5	1,0	0,9	1,4	1,2	0,9	0,9	1,4	1,2	1,0
Прочность на сжатие при 0 <sup>0</sup> С, МПа	не более 11,0	8,2				6,8					
Водонасыщение, % , объем.	2,0- 5,0	2,3	3,2	3,4	2,3	2,8	3,3	3,5	2,2	2,8	3,1
Прочность на сжатие в водонасыщен. сост. при 20 <sup>0</sup> С, МПа	-	3,6	2,8	2,5	3,3	3,8	2,3	2,3	3,6	3,3	2,9
Водостойкость	не менее 0,9	0,97	0,87	0,89	0,97	0,97	0,93	0,92	0,97	0,92	0,83
Пористость мин. части, %	не более 19	16,0	16,6	17,3	16,3	16,0	17,3	17,3	16,3	16,6	17,0
Остаточная пористость, %	2,5-5,0	4,9	5,7	6,4	5,3	4,9	6,4	6,4	5,3	5,7	6,1
Длительная водостойкость	не менее 0,85	0,75				0,8					
Коэффициент внутреннего трения при сдвиге	не менее 0,86	0,90				0,9					
Сцепление при 50 <sup>0</sup> С при сдвиге, МПа	не менее 0,23	0,53				0,24					
Трещиностойкость при расколе при 0 <sup>0</sup> С, МПа	(3,0-5,5)	4,1				3,1					
Плотность, г/см <sup>3</sup>	-	2,56	2,54	2,52	2,55	2,56	2,52	2,52	2,55	2,54	2,53

Таблица 6

## Изменение свойств асфальтобетона с добавкой SECABASE RT 945

Показатели	Требов. ГОСТ 9128-97	на БНД 90/130 при температурах, °С			БНД 90/130 + 0,3% RT 945 при температурах, °С			БНД 90/130 + 0,5% RT 945 при температурах, °С		
		150	120	100	150	120	100	150	120	100
Прочность на сжатие при 20 <sup>0</sup> С, МПа	не менее 2,5	3,7	3,2	2,9	3,6	3,3	3,0	3,6	3,2	2,6
Прочность на сжатие при 50 <sup>0</sup> С, МПа	не мен. 1,0	1,5	1,0	0,9	1,6	1,3	1,0	1,3	1,1	0,9
Прочность на сжатие при 0 <sup>0</sup> С, МПа	не более 11,0	8,2				6,6				
Водонасыщение, %, объем.	2,0-5,0	2,3	3,2	3,4	2,3	2,8	3,1	2,6	3,1	3,5
Прочность на сжатие при 20 <sup>0</sup> С в водонасыщенном состоянии, МПа	-	3,6	2,9	2,6	3,5	3,1	3,0	3,5	3,2	2,4
Водостойкость	не менее 0,9	0,97	0,91	0,9	0,97	0,94	1,0	0,97	1,0	0,92
Пористость минеральной части, %	не более 19	16,0	16,6	17,3	16,3	16,0	17,3	16,6	17,0	17,4
Остаточная пористость, %	2,5-5,0	4,9	5,7	6,4	5,3	4,9	6,4	5,7	6,1	6,6
Длительная водостойкость	не менее 0,85	0,75				0,92				
Коэффициент внутреннего трения при сдвиге	не менее 0,86	0,90				0,91				
Сцепление при сдвиге при 50 <sup>0</sup> С, МПа	не менее 0,23	0,53				0,26				
Трещиностойкость при расколе при 0 <sup>0</sup> С, МПа	3,0-5,5	4,1				3,7				
Плотность, г/см <sup>3</sup>	-	2,56	2,54	2,52	2,55	2,56	2,52	2,54	2,53	2,52

Для большей наглядности результаты испытаний добавок в асфальтобетонных смесях по данным таблиц 5 и 6 представлены в виде графиков на рисунках 1 – 8 (смотри Приложение).

Анализ полученных данных показывает, что:

- оптимальной температурой приготовления асфальтобетонных смесей с добавками SECABASE RT является  $120^{\circ}\text{C}$ ;

- оптимальное количество добавок SECABASE RT к битуму составляет 0,3 %;

- использование добавки SECABASE RT BIO снижает прочность при  $50^{\circ}\text{C}$  асфальтобетонных образцов примерно на 20% и снижает водостойкость примерно на 5%;

- длительная водостойкость асфальтобетонных образцов, приготовленных при  $120^{\circ}\text{C}$  и добавке SECABASE RT BIO в количестве 0,3 %, несколько лучше, чем образцов, приготовленных на исходном битуме при  $150^{\circ}\text{C}$ , но не дотягивает до требуемой нормы по ГОСТ 9128-97;

- использование добавки SECABASE RT BIO в количестве 0,3 % к битуму снижает показатели сцепление при сдвиге при  $50^{\circ}\text{C}$  и трещиностойкость при расколе при  $0^{\circ}\text{C}$  практически до нижнего предела нормы, требуемой ГОСТ 9128-97;

- использование добавки SECABASE RT 945 также несколько снижает прочность асфальтобетонных образцов при  $50^{\circ}\text{C}$  примерно на 15-25 %, при этом водостойкость понижается незначительно (около 3 %);

- длительная водостойкость образцов асфальтобетона, приготовленных при  $120^{\circ}\text{C}$  и добавке SECABASE RT 945 в количестве 0,3 %, значительно превосходит аналогичные показатели образцов асфальтобетона, приготовленных на исходном битуме, и остается практически без изменений;

- использование добавки SECABASE RT 945 в количестве 0,3 % к битуму снижает показатель сцепление при сдвиге при  $50^{\circ}\text{C}$  практически вдвое от аналогичного показателя на исходном битуме. В тоже время показатель трещиностойкость при расколе при  $0^{\circ}\text{C}$  снижается незначительно. Оба показателя укладываются в нормы, требуемые ГОСТ 9128-97.

Далее проведены испытания исходного битума на длительное (24 часа) старение в тонком слое при  $160^{\circ}\text{C}$ . Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7

Изменение свойств битума с добавкой 0,3 % RT ВЮ и 0,3 % RT 945

Показатели		Битум БНД 90/130	Битум БНД 90/130+ 0,3 % RT ВЮ	Битум БНД 90/130+ 0,3% RT 945
Температура размягчения по КиШ, °С		45,2	45,2	46,0
Температура хрупкости, °С		минус 29	минус 24	минус 28
Сцепление с применяемым каменным материалом		к.о. № 1	к.о. № 1	к.о. № 1
Изменение свойств после прогрева 160°С 24 часа в слое 4 мм	температура разм. по КиШ, °С	59	58	60
	температура хрупкости, °С	- 22	- 22	- 23
	сцепление с применяемым каменным материалом	к.о. № 2	к.о. № 2	К.о. № 2(3)

Анализ полученных данных показывает, что применяемые добавки практически не влияют на старение исходного битума.

## Выводы и рекомендации

Подтверждена возможность применения добавок Фирмы СЕСА СЕСАВАСЕ RT ВЮ и СЕСАВАСЕ RT 945 в соответствии с рекомендациями Исследовательского Центра СЕСА АRKЕМА GROUP для перевода горячих асфальтобетонов в разряд теплых. Проведенные исследования вышеназванных добавок в составе плотного мелкозернистого асфальтобетона марки I тип А с битумом БНД 90/130 позволяет сделать следующие выводы:

1. оптимальной температурой приготовления теплых асфальтобетонных смесей следует считать – 120<sup>0</sup>С;
2. оптимальное количество добавок в битум СЕСАВАСЕ RT ВЮ и RT 945 составляет 0,3 % по массе;
3. в связи с тем, что добавки СЕСАВАСЕ RT ВЮ и RT 945 снижают показатель предела прочности на сжатие при 50<sup>0</sup>С, их следует применять при использовании щебенистых составов асфальтобетона, где прочность определяется каркасом минеральной части;
4. длительная водостойкость теплого асфальтобетона, приготовленного с добавкой СЕСАВАСЕ RT ВЮ при 120<sup>0</sup>С, несколько выше, чем у горячего асфальтобетона, приготовленного при 150<sup>0</sup>С на исходном битуме, но ниже требований ГОСТ 9128-97;
5. применение добавки СЕСАВАСЕ RT ВЮ в количестве 0,3 % снижает показатели сцепление при сдвиге при 50<sup>0</sup>С и трещиностойкость при расколе при 0<sup>0</sup>С теплого асфальтобетона против горячего, приготовленного на исходном битуме, однако эти показатели остаются в пределах требований ГОСТ 9128-97;
6. длительная водостойкость теплого асфальтобетона, приготовленного с добавкой в количестве 0,3 % СЕСАВАСЕ RT 945, практически не изменяется от первоначальной величины и значительно превосходит аналогичные показатели горячего асфальтобетона на исходном битуме;
7. применение добавки СЕСАВАСЕ RT 945 в количестве 0,3 % снижает показатели сцепление при сдвиге при 50<sup>0</sup>С и трещиностойкость при

расколе при 0<sup>0</sup>С теплого асфальтобетона по сравнению показателями горячего асфальтобетона, но в меньшей мере, чем добавка SECABASE RT BIO;

8. добавки SECABASE RT BIO и RT 945 практически не влияют на свойства битума после длительного старения в тонком слое при 160<sup>0</sup>С;
9. для уточнения фактического эффекта использования исследованных добавок необходимо заложить опытные участки и произвести наблюдение за их укладкой, режимом уплотнения и состоянием качества в процессе эксплуатации;
10. введение исследованных добавок в битум не должно вызывать усложнения технологии, поскольку добавки и битум имеют практически одинаковую плотность. Наиболее целесообразно подавать добавку на прием циркуляционного насоса. Температура битума при этом должна быть не менее 150<sup>0</sup>С.

## Заключение

Применение добавок СЕСАВАСЕ RT ВЮ и RT 945 в количестве 0,3 % по массе к битуму позволяет снизить температуру приготовления плотного мелкозернистого асфальтобетона марки I тип А не менее, чем на 30<sup>0</sup>С, и перевести полученный асфальтобетон из разряда горячего в теплый. При этом улучшаются технологические показатели приготовления асфальтобетона, снижается количество вредных выбросов и пыли, снижаются энергозатраты на производство асфальтобетонной смеси, улучшаются условия труда при производстве и укладке асфальтобетона, появляется возможность продления строительного сезона. Строительство опытного участка поможет уточнить интервал понижения температуры приготовления и уплотнения теплого асфальтобетона.



## **Приложение**

**Список использованной литературы:**

1. Рыбьев И.А. «Асфальтовые бетоны». М., «Высшая школа», 1969.
2. Волков М.И., Борщ И.М., Королев И.В. Дорожно-строительные материалы. М., «Транспорт», 1965.
3. Бахрах Г.С., Малинский Ю.М. К оценке толщины адсорбционно-сольватного слоя битумов на поверхности минеральных частиц. – «Коллоидный журнал», 1969, № 1.
4. Королев И.В. Дорожный теплый асфальтовый бетон. Киев, «Вища школа», 1975.
5. Радовский В.С. Технология нового теплого асфальтобетона в США, Дорожная техника, 2008 г.