

дартам IETF. Устройство спроектировано на основе SDR, что обеспечивает эволюционное развитие до 5G на той же аппаратной платформе. Устройство выполнено как уличная базовая станция в монолитном исполнении.

**АО «НПФ «Микран».** Назначение решения: ведет разработку радиомодулей стандарта 5G средней и большой зоны обслуживания, комплексов для генерации сигналов стандарта 5G NR, генераторов сигналов для работы в стандарте 4G/LTE и транспорта для сетей 4G/5G. Испытания и сертификация оборудования будут выполнены в 2022–2023 гг.

**ООО «НТЦ ПРОТЕЙ».** Назначение решения: внедрение сети мобильной связи по модели Private LTE/5G или Campus Networks. Задачи корпоративной автоматизации, M2M/LoT, поддержание высокого уровня безопасности, аутентификации устройств, удобства эксплуатации для «живых» абонентов успешно решаются внедрением корпоративной мобильной сети, построенной и эксплуатируемой в интересах корпоративного/ведомственного Заказчика.

**ООО «ТЕНЕТ».** Назначение решения: проведение комплексных лабораторных испытаний семейства базовых станций RBS-100 с технологией связи LTE FDD MIMO 2×2. Ожидание старта коммерческих тестов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Анализ и прогноз рынка LTE в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.advertology.ru/article115195.htm>. – Дата доступа : 17.04.2023.

2 Российские производители и разработчики решений LTE и 5G [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.comnews.ru/content/214554/2021-05-27/2021-w21/rossiyskie-proizvoditeli-i-razrabotchiki-resheniy-lte-i-5g>. – Дата доступа : 18.04.2023.

3 Оборудование для LTE-сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.tadviser.ru/index.php>. – Дата доступа : 17.04.2023.

Получено 26.05.2023

---

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.

Вып. 28. Гомель, 2023

---

УДК 625.878.06–027.45

*А. В. ЕМЕЛЬЯНЕНКО, А. С. НЕВЕРДАСОВ (СА-41)*

Научный руководитель – канд. техн. наук *Г. В. АХРАМЕНКО*

### **ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗИНОБИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Обоснована необходимость использования (применения) асфальтобетона, модифицированного специальными добавками. Одним из возможных вариантов является применение полимерно-битумного вяжущего (ПБВ), в частности модифицированно-

го полимерами типа СБС. Однако применение ПБВ ограничивается невозможностью длительного хранения, в том числе трудностью обеспечения постоянства состава битумно-полимерной композиции, а также ценовым фактором. В то же время существенных недостатков лишена инновационная модифицирующая добавка – гранулированное резинобитумное вяжущее (РБВ-г), успешный выпуск которого впервые среди стран СНГ осуществлен в Республике Беларусь.

Для поддержания состояния автомобильных дорог, соответствующего требованиям транспортных потоков, и обеспечения долговечности асфальтобетонных покрытий необходимо применение новых прогрессивных материалов и технологий.

Существующая практика использования традиционных битумов для дорожного строительства показывает, что их использование приводит к снижению долговечности асфальтобетонных покрытий по сравнению с нормативными сроками. Одной из причин, снижающих нормативный срок службы асфальтобетонных покрытий, является качество используемых материалов и, в первую очередь, битума, как основного компонента вяжущего.

Это объясняется следующими причинами:

- плохая адгезия битума к минеральным материалам (особенно кислых пород);
- низкая термоокислительная стабильность;
- высокое содержание парафиновых углеводородов;
- относительно малый диапазон эластичности;
- склонность битумов к хрупкости при пониженных температурах и под воздействием возросшей интенсивности транспортного потока [1, 2].

Благоприятное влияние на долговечность асфальтобетонного покрытия может оказать использование вяжущих с меньшей теплочувствительностью, с более высокими когезионными и вязкостными показателями при плюсовых температурах, и с высокой растяжимостью и эластичностью – при отрицательных. Это может быть достигнуто введением в их состав полимерных модификаторов.

Полимерно-битумное вяжущее (ПБВ) отличается от битумов высокой эластичностью, характерной для полимеров (эластомеров) как при 25 °С, так и при 0 °С, большей трещиностойкостью, более широким температурным диапазоном работоспособности, характеризуется значительно большей долговечностью при многократных динамических воздействиях в области отрицательных температур. Поэтому асфальтобетон, модифицированный полимерами, отличается от обыкновенного асфальтобетона наибольшей долговечностью, трещиностойкостью и сдвигоустойчивостью. Регулируя содержание пластификатора и полимера, можно достичь необходимые показатели качества готового продукта [3, 4].

Широкому внедрению ПБВ в практику промышленного дорожного строительства препятствует не только сложность и высокая стоимость со-

временных установок по производству полимерно-битумных вяжущих, но и относительная дороговизна модификаторов битума.

В качестве модификаторов битума, кроме уже известных, таких как термоэластопласты (дивинилстирольный), сополимеры этилена с винилацетатом, различные синтетические каучуки, может быть использован резиновый порошок, который получается при переработке изношенных автомобильных шин [5]. Это позволяет не только экономить финансовые ресурсы, но и решать важную экологическую проблему. При этом могут быть получены резинобитумные вяжущие высокого качества, так как в процессе девулканизации резины образуется каучуковое вещество, которое структурирует битум.

В последние 40 лет во всем мире большое внимание уделялось разработке резинобитумных вяжущих с использованием резиновой крошки шинных отходов. Это объясняется повсеместным скоплением огромного количества отработанных шин, что становится экологическим бедствием. Причем количество этих отходов постоянно увеличивается из-за малой их утилизации.

Первые попытки использовать резиновую крошку шинных отходов (как наполнителя) связаны с ее добавками в минеральную часть асфальтобетона. Этот способ, названный «сухой», был привлекателен из-за простоты, тем не менее он не получил дальнейшего развития: как показала широкая мировая практика, его применение существенно не улучшало характеристики асфальтобетона, кроме того, выбивание резиновой крошки с поверхности ухудшает экологическую обстановку (образуется резиновая пыль в воздухе над дорогой). Значительно лучшие результаты дало использование резиновой крошки шинных отходов по «мокрому» способу. В этом случае стараются получить жидкие резинобитумные композиции, которые используются в качестве вяжущих при производстве асфальтобетонов [6].

С целью выявления оптимальных технологических параметров проведения процесса модификации битума резиновым порошком в Тамбовском государственном университете в 2002 г. была создана специальная экспериментальная установка на базе лабораторного смесителя с Z-образными лопастями и объемом рабочей камеры 3 литра. В рабочей камере этого смесителя одновременно происходят следующие процессы:

- набухание резиновой крошки в битуме за счет содержащихся в нем нефтяных масел;
- частичная деструкция резиновой крошки от воздействия на нее температуры;
- равномерное распределение резинового порошка по всему объему битума.

На экспериментальной установке было проведено исследование влияния гранулометрического состава резиновой крошки, ее процентного содержания в массе битума, температурных режимов и времени смешения на качество получаемого резинобитумного вяжущего. Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что увеличение содержания резинового по-

рошка в массе битума больше чем на 15 % (по массе) приводит к возрастанию вязкости резинобитумного вяжущего. Это влечет за собой не только технологические трудности в производстве вяжущего, но и проблемы при производстве самого асфальтового покрытия и качественной его укладке. Оптимальный температурный режим переработки битума с резиновым порошком – 433 К. При более низких температурах процесс приготовления резинобитумного вяжущего удлинится примерно в 2 раза и более. При температуре 453 К и выше нарушается коллоидная структура битума и резко снижаются качественные показатели резинобитумного вяжущего (РБВ).

В результате исследований по выявлению оптимальных размеров резинового порошка для получения качественного РБВ было установлено, что модификация битума резиновым порошком фракций 1–0,8 и 0,8–0,6 мм дает удовлетворительные результаты по всем основным характеристикам на ПБВ.

На рисунках 1–4 приведены значения пенетрации, растяжимости, температуры размягчения по кольцу и шару (КиШ), эластичности, которые являются основными физико-механическими показателями для ПБВ, в зависимости от различного процентного содержания резиновой крошки (РК) в битуме. На этих же рисунках приведены физико-механические показатели для соответствующих марок ПБВ, использующихся для ремонта и строительства новых дорожных покрытий и приготовления мастик для заливки трещин и швов на бетонных покрытиях [7].

В Республике Беларусь применение РБВ начато примерно лет 10 назад. Для приготовления РБВ используется «сухой» способ. РБВ применялось при реконструкции дороги М-8/Е95 (подъезд к г. Быхову, на участках: км 1,6–1,75 и км 3,7–4,1). Помимо указанных преимуществ применение РБВ способствует снижению уровня шума. Сравнительные показатели эквивалентных уровней шума для покрытий из асфальтобетонной смеси на битуме с гранулированным резинобитумным вяжущим представлены на рисунке 5.

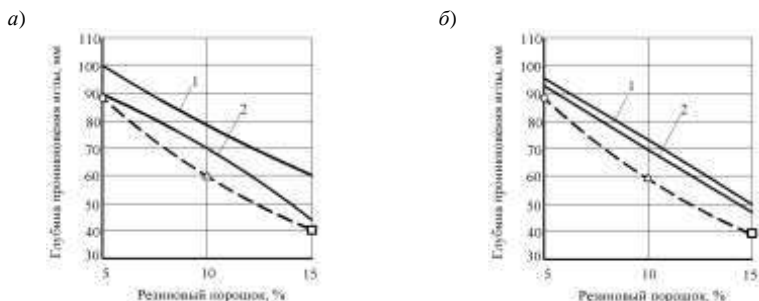
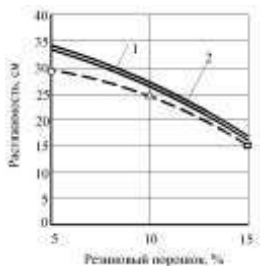


Рисунок 1 – Изменение пенетрации по глубине проникновения иглы 0,1 мм для РБВ в зависимости от содержания резиновой крошки для условий:

время смешения 6 часов, температура  $T = 433$  К (а); время смешения 4 часа, температура  $T = 433$  К (б): 1 – РК  $\varnothing$  0,8–0,6 мм; 2 – РК  $\varnothing$  1–0,8 мм;  $\circ$  – ПБВ 90;  $\square$  – ПБВ 60;  $\Delta$  – ПБВ 40

а)



б)

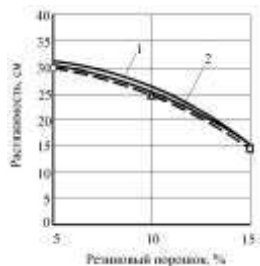
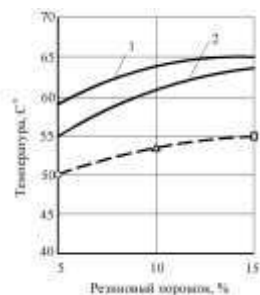


Рисунок 2 – Изменение растяжимости для РБВ в зависимости от содержания резиновой крошки для условий: время смешения 6 часов, температура  $T = 433$  К (а); время смешения 4 часа, температура  $T = 433$  К (б); 1 – РК  $\varnothing$  0,8–0,6 мм; 2 – РК  $\varnothing$  1–0,8 мм;  $\circ$  – ПБВ 90;  $\square$  – ПБВ 60;  $\Delta$  – ПБВ 40

а)



б)

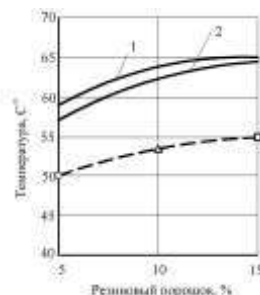
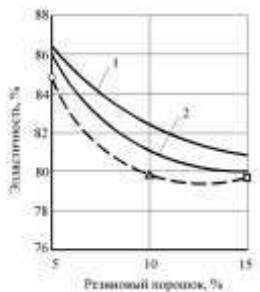


Рисунок 3 – Изменение температуры размягчения по кольцу и шару для РБВ в зависимости от содержания резиновой крошки для условий: время смешения 6 часов, температура  $T = 433$  К (а); время смешения 4 часа, температура  $T = 433$  К (б); 1 – РК  $\varnothing$  0,8–0,6 мм; 2 – РК  $\varnothing$  1–0,8 мм;  $\circ$  – ПБВ 90;  $\square$  – ПБВ 60;  $\Delta$  – ПБВ 40

а)



б)

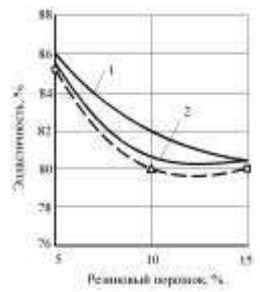


Рисунок 4 – Изменение эластичности для РБВ в зависимости от содержания резиновой крошки для условий: время смешения 6 часов, температура  $T = 433$  К (а); время смешения 4 часа, температура  $T = 433$  К (б); 1 – РК  $\varnothing$  0,8–0,6 мм; 2 – РК  $\varnothing$  1–0,8 мм;  $\circ$  – ПБВ 90;  $\square$  – ПБВ 60;  $\Delta$  – ПБВ 40

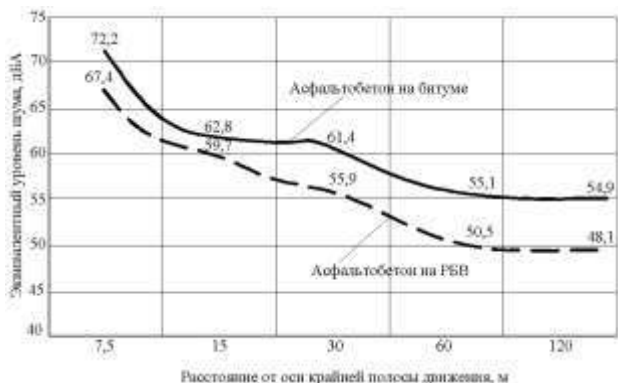


Рисунок 5 – Сравнительные показатели эквивалентных уровней шума для покрытий из асфальтобетонной смеси на битуме с гранулированным резинобитумным вяжущим

Гранулированное резинобитумное вяжущее прошло испытания в исследовательском центре ЦИК ООО «Доринжсервис» (Ростов-на-Дону, Российская Федерация), где была доказана эффективность добавки по методикам «Супер-Пэйв» согласно требованиям стандартов России, в связи с чем его можно рекомендовать для применения в производстве щебеночномастичных асфальтобетонов (отчет ЦИК ООО «Доринжсервис» от 6 ноября 2018 г.)

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы о применении РБВ:

- обеспечивает увеличение срока службы дорожных конструкций в 1,5–2 раза;
- позволяет отказаться от применения стабилизирующих целлюлозных добавок при приготовлении щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей;
- не требует модернизации существующих асфальтобетонных заводов;
- решает экологическую проблему утилизации изношенных автомобильных шин за счет использования в дорожном строительстве вторичных продуктов;
- повышает потребительские качества автомобильных дорог: сцепные качества покрытия, снижает уровень шума при движении транспортных средств, улучшает водоотвод и др.;
- заменяет дорогостоящие импортные полимерные модификаторы битума (снижает экономические затраты на модификацию традиционной асфальтобетонной смеси на 20 % по сравнению с использованием импортных полимеров типа SBS).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Повышение термостабильности дорожных битумов / Н. М. Лихтеров [и др.] // Химия и технология топлив и масел. – 2008. – № 3. – С. 7–16.

2 Лукьянова, М. А. Обоснование рационального состава битумных вяжущих модифицированных резиновой крошкой / М. А. Лукьянова, Е. М. Вахьянов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – № 4 (110). – С. 143–146.

3 Порадек, С. В. Еще раз о проблеме качества при модификации битумов полимерами типа SBS / С. В. Порадек // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2000. – № 3. – С. 9–10.

4 Порадек, С. В. Как получить высокое качество ПБВ и КОВ при модифицировании битума полимерами / С. В. Порадек // Автомобильные дороги : информ. сб. – 1997. – № 4. – С. 28–38.

5 Состояние переработки и утилизации изношенных автомобильных шин / П. С. Беляев [и др.] // Вестник ТГТУ. – 2001. – Т. 7, № 1. – С. 72–79.

6 Корнейчук, Г. К. Новое высококачественное вяжущее для асфальтобетонных дорожных покрытий с эффективным использованием резины шинных отходов / Г. К. Корнейчук, Ю. А. Буценко // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2015. – Т. 7, № 4. – С. 22–28.

7 Проблемы экологии и ресурсосбережения при переработке и восстановлении изношенных шин : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – М., 2002. – С. 32.

Получено 31.05.2023

---

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.  
Вып. 28. Гомель, 2023

---

УДК 658.7/8

*В. О. ЕРМАК* (УА-41)

Научные руководители: канд. техн. наук *С. А. АЗЕМША*  
ст. преп. *Т. А. БАРАНОВСКАЯ*

## **РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ЖИРОВОЙ КОМБИНАТ» ЗА СЧЕТ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДОСТАВКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

В настоящее время в связи с наблюдаемыми в мире кризисными явлениями, заставляющими многие предприятия переходить на режим строгой экономии, одним из актуальных и широко обсуждаемых становится вопрос о поиске направлений и путей повышения эффективности работы предприятия. Вследствие этого возникает острая необходимость обратить серьезное внимание на оптимизацию хозяйственной деятельности предприятий. При этом большую роль в результативности деятельности предприятия играет именно последняя стадия логистического процесса – доведение готовой продукции до потребителя.