**Научно - производственная группа**

**«ИНФОТЕХ»**

# КОМПОЗИЦИОННЫЕ БИТУМНОРЕЗИНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ БИТРЭК И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**г. Москва**

**2006 г.**

**БИТ**УМНО
**Р**ЕЗИНОВЫЕ
**Э**КОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ
**К**ОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

# БИТРЭК

Обеспечивают правильное сочетание полезных свойств двух различных компонентов: резины и битума. В отличие от нефтяных битумов, они неоднородны по фазовому и химическому составу и относятся к классу композиционных материалов.

Запатентованная химическая технология основана на добавлении в смесь битума с резиновой крошкой специальных реагентов-катализаторов, регулирующих радикальные процессы деструкции и сшивки каучуковых цепей резины и компонентов битума.

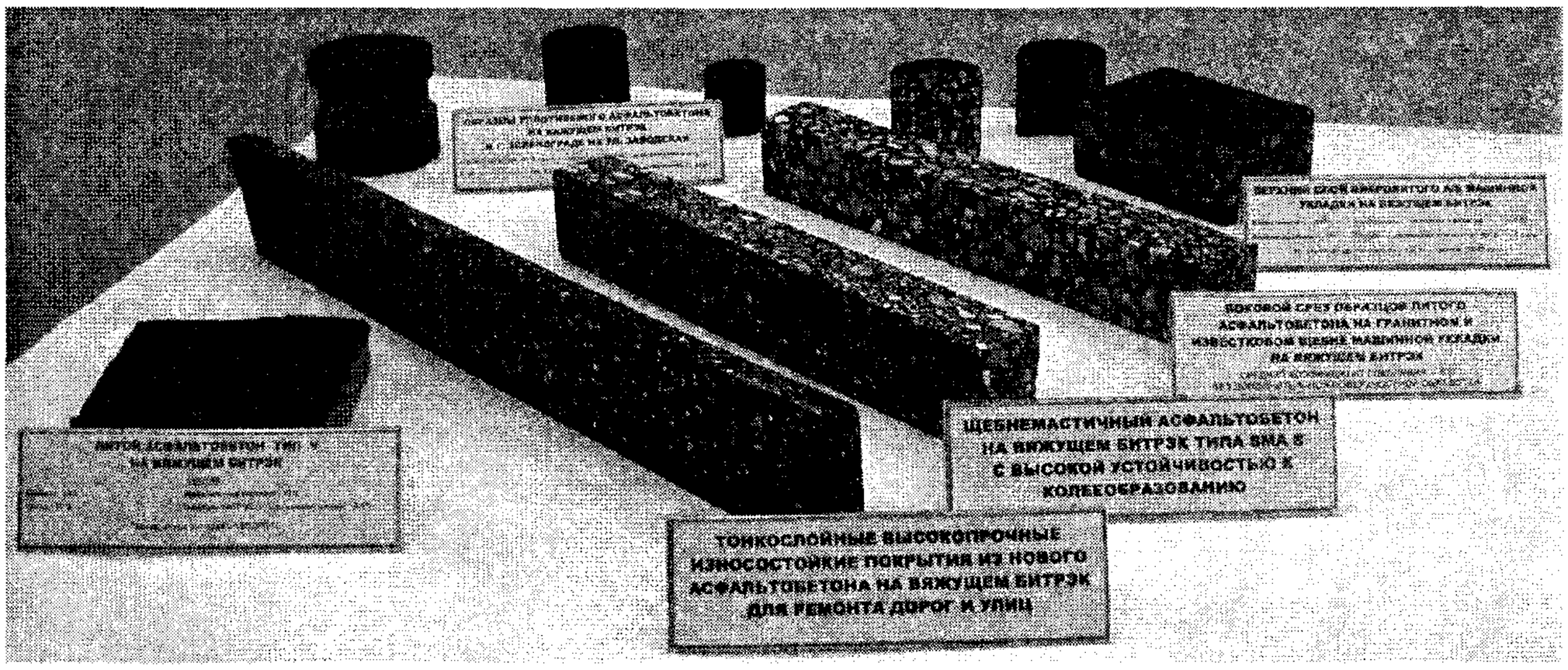
Частицы резины объединены между собой и с высокомолекулярными компонентами битума в гетерогенную, армирующую, полимерную пространственную структуру с большим количеством высокоадгезионных молекулярных групп.

Такая химически сшитая молекулярная структура выделяет значительно меньшее количество вредных веществ, чем битум и отвечает самым жестким экологическим требованиям.

Материалы БИТРЭК имеют высокую устойчивость к воздействию агрессивных факторов окружающей среды.

Резина в виде мелкодисперсных частиц и частично сшитых каучуковых молекул является субстратом, который возвращает свойства природных нефтей и битумов.

## АСФАЛЬТОБЕТОНЫ и АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ СМЕСИ НА ВЯЖУЩЕМ БИТРЭК




- Резиновая крошка в составе вяжущего БИТРЭК в асфальтобетонах выполняет функцию полимерного дисперсно-эластичного армирования, что повышает их устойчивость к усталостным нагрузкам, возникающих при движении транспортных средств, и, соответственно, реальную долговечность в 5-10 раз по сравнению с традиционными.
- Асфальтобетоны на вяжущем БИТРЭК сочетают высокую прочность и сопротивление к сдвиговым деформациям при высоких эксплуатационных температурах, что резко снижает колееобразование в покрытиях.
- Частицы резиновой крошки в структуре асфальтобетона служат центрами торможения и остановки распространения всех видов трещин, поэтому такие асфальтобетоны имеют высокую устойчивость к трещинообразованию при низких температурах.
- Благодаря уникальным адгезионным и защитным свойствам вяжущего БИТРЭК, асфальтобетоны отличаются высокой стойкостью к воде, техногенным и климатическим воздействиям, в том числе к современным противогололедным реагентам.
- Дорожные покрытия из асфальтобетона на основе БИТРЭК обладают низким уровенем шума и способностью к разрушению наледи при движении автомобилей.
- Вяжущее БИТРЭК придает асфальтобетонным покрытиям высокую степень сцепления с колесами автомобиля, что способствует уменьшению тормозного пути и повышению безопасности движения.

## УПЛОТНЯЕМЫЕ АСФАЛЬТОБЕТОНЫ ПО ГОСТ 9128-97

- Все типы стандартных асфальтобетонных смесей на вяжущем БИТРЭК легче укладываются и уплотняются по сравнению с обычными смесями и особенно со смесями на ПБВ.

### СОПОСТАВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАЗЦОВ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ДОРОЖНОМ БИТУМЕ И НА ВЯЖУЩЕМ БИТРЭК

(Тип Б, мелкозернистый, плотный, марка I )

| Показатель | Асфальтобетон на БНД 60/90 (5,3% по подбору) | Асфальтобетон на БИТРЭК 60/90 (5,5% по подбору) | Требования ГОСТ 9128-97 |
|---|---|---|---|
| Прочность при сжатии. МПа, при 50°С | 1,4 | 2,7 | ≥ 1,2 |
| при 20°С | 4,5 | 5.8 | ≥ 2,5 |
| при 0°С | **11,7** | 9,0 | ≤ 11,0 |
| Модуль упругости при сжатии, МПа, при 50°С | 120 | 200 | |
| при 0°С | 2000 | 640 | |
| Предел прочности на растяжение при расколе при 0°С, МПа | 3,6 | 5,4 | 3,0 - 6,5 |
| Водостойкость | 0,9 | 1,00 | ≥ 0,90 |
| Водостойкость при длительном водонасыщении | **0,75** | 0,98 | ≥0,85 |
| Водонасыщение керна, % | 2,5 | 1,7 | ≤ 4,5 |
| Водонасыщение переформ., % | 1,8 | **1,3** | 1,5 – 4,0 |

## ЩЕБНЕМАСТИЧНЫЙ АСФАЛЬТОБЕТОН НА ВЯЖУЩЕМ БИТРЭК

- Имеет предпосылки значительно большего срока службы, чем на дорожном битуме (в 5-7 раз большая усталостная долговечность).
- Превосходит требования ГОСТ 31015-2002.
- Может использоваться для укладки тонкими слоями 1,5 - 3,5 см.
- Приготовление смеси на стандартном отечественном оборудовании АБЗ без дополнительного введения структурирующих добавок типа целлюлозных волокон, фибры или «Viatop».

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ВЫРУБОК ЩЕБНЕМАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ТИПА SMA 6 НА ВЯЖУЩЕМ БИТРЭК

| Наименование показателя | Значение показателя |
|---|---|
| Водонасыщение, % | 0,1 – 0.4 |
| Предел прочности при сжатии, МПа, при 50°С | 1,3 – 1,5 |
| при 20°С | 3,0 – 3,5 |
| при 0°С | 6.0 – 8,0 |
| Водостойкость | 0,95 – 0,98 |
| Средняя плотность, г/см$^3$ | 2,35 – 2,36 |
| Предел прочности на растяжение при расколе при 0°С, МПа | 4,5 – 5,0 |

## АСФАЛЬТОБЕТОНЫ ЛИТОГО ТИПА ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УКЛАДКИ

- Укладываются стандартными асфальтоукладчиками, снабженными виброплитой, доуплотняются и выглаживаются легким гладковальцевым катком.
- Улучшение со временем характеристик покрытий благодаря специфичным химическим и структурным свойствам вяжущего БИТРЭК.
- Имеют высокий коэффициент сцепления с колесом автомобиля, что позволяет отказаться от дополнительных поверхностных обработок.
- Обладают хорошим сцеплением со старым покрытием без какой-либо дополнительной обработки и подгрунтовки.
- Сочетают близкую к нулю пористость (высокая сопротивляемость техногенным и климатическим воздействиям) с высокой прочностью при 50°С (высокая сопротивляемость пластическим и сдвиговым деформациям, устойчивость к колееобразованию).

- Превосходят уплотняемые щебеночные асфальтобетоны на полимернобитумном вяжущем и значительно превосходят уплотняемые щебеночные асфальтобетоны на обычном дорожном битуме по усталостной прочности.
- Прослужат до фактической потребности в ремонте от 16 лет и более в условиях высоких транспортных нагрузок.

СВОЙСТВА ОБРАЗЦОВ АСФАЛЬТОБЕТОНА ЛИТОГО ТИПА ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УКЛАДКИ НА ВЯЖУЩЕМ БИТРЭК

| Наименование показателя | Значение показателя |
|---|---|
| Водонасыщение, % | 0,0 – 0,1 |
| Предел прочности при сжатии, МПа, при 50°С<br>при 0°С | 1,3 – 1,7<br>8,0 – 9,0 |
| Водостойкость | 1,0 |
| Средняя плотность, г/см$^3$ | 2,39 – 2,40 |
| Глубина вдавливания штампа при 50°С, мм | 0,2 – 0,3 |
| Коэффициент сцепления с колесом | 0,55 – 0,65 |

## АСФАЛЬТОБЕТОНЫ ЛИТОГО ТИПА ДЛЯ РУЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УКЛАДКИ

- Очень просты в изготовлении, укладываются из передвижного термоса-бункера.
- Имеют прочностные и сдвиговые характеристики на уровне обычных уплотняемых смесей.
- Отличаются устойчивостью к колееобразованию при высоких температурах, высокой деформативностью при низких температурах, высоким коэффициентом сцепления с колесом автомобиля без дополнительных поверхностных обработок.
- Позволяют выполнять профилированные покрытия.
- Позволяют использовать уложенную смесь как нижний слой при последующих ремонтах дорожного покрытия без фрезерования.

ХАРАКТЕРИСТИКИ АСФАЛЬТОБЕТОНА ЛИТОГО ТИПА ДЛЯ РУЧНОЙ УКЛАДКИ НА ВЯЖУЩЕМ БИТРЭК

| | |
|---|---|
| Устойчивость смеси при 200°С (осадка конуса), мм | 20 – 30 |
| Глубина вдавливания штампа при 50°С, мм | 2 – 5 |
| Водонасыщение, % | 0 |
| Предел прочности при сжатии, МПа, при 50°С<br>при 0°С | 0,8 – 1,0<br>5,0 – 6,0 |
| Средняя плотность, г/см$^3$ | 2,20 – 2,25 |

***Применение асфальтобетонов на битумнорезиновом композиционном вяжущем позволит не только значительно повысить фактические сроки до появления потребности в ремонтах дорог с высокоинтенсивным, грузонапряженным движением транспорта, но и экологически и экономически правильно утилизировать изношенные автомобильные шины в виде резиновой крошки. Повышение сроков службы покрытий позволяет сократить объемы недоремонта, существенно снизить общие затраты на ремонтные работы, получить значительную экономию материальных ресурсов и средств на содержание дорог при эксплуатации.***

**Асфальты БИТРЭК – 15 лет без ремонта!**

# МАСТИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ БИТРЭК

## КРОВЕЛЬНЫЙ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАСТИЧНЫЙ СОСТАВ БИТРЭК – И

- Предназначен для использования в качестве гидроизоляции кирпичных и бетонных строительных конструкций, изоляции подземных стальных трубопроводов и других искусственных сооружений с целью защиты их от почвенной и атмосферной коррозии, в качестве горячей мастики для устройства новых мастичных кровель и для проведения ремонтных работ, для использования в качестве пропиточной массы для рулонных кровельных материалов.
- Обладает более высокими прочностными и деформативными свойствами, а также адгезией к различным материалам основания по сравнению с величинами, предусмотренными ГОСТ 30693-2000 «Мастики кровельные и гидроизоляционные. Общие технические условия».
- Обладает свойством «самозалечивания» т.е. «заживления» мест повреждения кровельного ковра при воздействии положительных температур.
- Отсутствие трещин и отслоений при воздействии отрицательных температур до минус 60°С в изоляционных слоях.
- Потенциальный срок службы изоляционных слоев из мастичной композиции БИТРЭК-И в кровлях составляет 15…20 лет.
- Изоляционные слои обладают высокой деформативностью, низким водопоглощением, хорошей прилипаемостью (адгезия) к различным материалам основания, высокой трещиностойкостью при атмосферных воздействиях и значительным потенциальным сроком службы.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСТИЧНОГО СОСТАВА БИТРЭК – И

| Наименование показателя | | **БИТРЭК–И** | Требования ГОСТ 30693-2000 |
|---|---|---|---|
| Плотность, г/см$^3$ | | 1,1 | - |
| Условная прочность при растяжении, кгс/см$^2$ | | 2,4 | ≥ 2,0 |
| Относительное удлинение, % | | 360 | ≥ 100 |
| Водопоглощение через 24 ч, % по массе | | 0,1 | ≤ 2,0 |
| Гибкость на брусе с закруглением R = 5 мм при t °С | | - 15 | ≤ - 5 |
| Водопроницаемость в течение 10 мин. при давлении, кгс/см$^2$ | | 0,3 | 0,3 |
| Теплостойкость, °С | | 85 | - |
| Адгезия, кгс/см$^2$, к: | - цементно-песчаному раствору (бетону)<br>- оцинкованной стали<br>- дереву<br>- неоцинкованной (черной) стали | 6,1<br>6,2<br>7,9<br>8,2 | ≥ 1,0 |

## МАСТИКА ДЕФОРМАЦИОННАЯ БИТРЭК–Д

- Предназначена для заделки деформационных швов со щебеночным заполнением железобетонных автодорожных мостов, переходных зон дорожного покрытия над стыками мостовых плит, швов и трещин цементо- и асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов.
- Обладает высокой дролговечностью и устойчивостью к воздействиям агрессивных факторов окружающей среды.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСТИКИ ДЕФОРМАЦИОННОЙ БИТРЭК–Д

| Наименование показателя | **БИТРЭК–Д** | Метод испытаний |
|---|---|---|
| Температура размягчения, °С, не ниже | 70 | ГОСТ 11506-73 |
| Водопоглощение, %, не более | 0,2 | ГОСТ25945-87 |
| Предел прочности при растяжении, МПа, не менее,<br>при +20°С<br>при –20°С (5 час.) | <br>0,15<br>0,3 | <br>ГОСТ 25945-87,<br>ГОСТ 26589-94 |
| Относительное удлинение, %, не менее,<br>при +20°С<br>при –20°С (5 час.) | <br>400<br>200 | <br>ГОСТ 26589-94 |
| Прочность сцепления на отрыв не менее, МПа, с металлом<br>с бетоном | 0,5<br>0,5 | ГОСТ 26589-94 |
| Характер разрушения при отрыве | когезионный | ГОСТ 25945-87 |

# РЕЗИНОАСФАЛЬТОБЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ВЯЖУЩИХ БИТРЭК, ИХ ОСОБЕННОСТИ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ

Смирнов Н.В. – директор по науке и производству ООО НПГ "ИНФОТЕХ"

БИТРЭК – это аббревиатура словосочетания "битумнорезиновые экологически чистые композиционные материалы", которые получаются по технологии химического объединения мелкодисперсной крошки из шинной резины и нефтяных битумов.

Предыстория деятельности в этой области такова:

В 1998 году компания "ИНФОТЕХ" победила на конкурсе Московского Комитета по науке и технологиям, представив разработанную еще в 1996 году новую технологию химического модифицирования нефтебитумов резиновой крошкой из изношенных шин.

В 1999 году согласно Постановлению Правительства Москвы №1138 "О совершенствовании и развитии городской системы сбора и переработки промышленных отходов" и распоряжения Первого заместителя Премьера Правительства Москвы № 104-РЗП "О создании производственного комплекса по переработке отходов городского транспорта" в Москве принята и осуществляется программа по переработке изношенных автопокрышек и применения продуктов рециклинга.

В рамках указанной программы необходимо было решить задачу, связанную с использованием резиновой крошки для нужд городского хозяйства в соответствии с разработанными технологиями, организовать и обеспечить широкомасштабное потребление резиновой крошки в дорожной отрасли с высокой экономической эффективностью. Этого можно было добиться только получив действительно неординарные результаты, существенно увеличивающие долговечность и качество покрытий автодорог и улиц.

Первые работы по применению битумнорезиновых вяжущих нового типа начались в 1997 году. В течение 3-4 лет технология дорабатывалась, проводились исследования и испытания, в том числе и уложенных опытных участков автомобильных дорог в различных регионах России. В этой деятельности принимали участие ведущие специалисты Федеральной дорожной службы "РОСАВТОДОР", Российской Академии Наук, РосдорНИИ, СоюздорНИИ, НИИМосстрой, Управления "МОСАВТОДОР".

В 2003 году на широкомасштабный эксперимент по строительству и ремонту покрытий с помощью новых материалов вышли московские дорожники.

Огромную роль в продвижении новой отечественной технологии сыграла поддержка Правительства Москвы, Московского комитета по науке и технологиям. Проведение практической работы было одобрено и взято под контороль московским Центром мониторинга дорог и дорожных технологий, поддержано руководством ГУП "ДОРИНВЕСТ", МАДИ, Центра управления городских дорог Московской области и ФУАД "Центральная Россия" Федерального дорожного агенства "РОСАВТОДОР".

За прошедшее время было показано, что большинство известных дорожных технологий, в которых применяются битумные материалы, могут быть улучшены, дополнены и усовершенствованы при введении в технологический цикл материалов БИТРЭК.

Охватить все области применения новых материалов в коротком сообщении невозможно, поэтому остановимся на рассмотрении наиболее массового и важного продукта – асфальтобетонов на основе вяжущих БИТРЭК, их особенностей и применения в строительстве и ремонте дорожных покрытий.

Асфальтобетон по своей структуре - это типичный гетерофазный композиционный материал, имеющий жесткий минеральный остов, помещенный в псевдожидкую матрицу вяжущего. Исследования по физико-механике и материаловедению асфальтобетонов как композиционных материалов, работы отечественных ученых, опыт и исследования иностранных специалистов-дорожников показали, что существует ряд фундаментальных функциональных характеристик, которые обеспечивают долговечность дорожного асфальтобетонного покрытия и его надлежащее состояние в период эксплуатации.

При использовании высококачественных износостойких природных или искусственных минеральных материалов эксплуатационная долговечность и качество дорожных покрытий зависит главным образом от таких характеристик асфальтобетонов как:

- деформационная устойчивость при высоких температурах;
- сопротивление образованию трещин различной природы (температурных, отраженных, нагрузочных, усталостных и др.);
- устойчивость к агрессивному воздействию факторов окружающей среды, т.е. атмосферостойкость и коррозионная устойчивость;
- сопротивление старению, т.е. деградации свойств со временем.

В основном эти свойства асфальтобетонов определяются совокупностью следующих свойств вяжущих, в качестве которых традиционно используются нефтяные битумы и материалы на их основе:

- температурной зависимостью реологических свойств, т.е. величиной температурного интервала пластичности;
- упругостью, величина которой должна соответствовать условиям работы и типам асфальтобетонных покрытий и обеспечивать релаксацию возникающих в асфальтобетонных покрытиях циклических деформаций;
- адгезией к минеральным составляющим асфальтобетона различного происхождения;
- химическим составом и структурой, отвечающих за механическую прочность (когезию), устойчивость к различным химическим воздействиям и старению.

Важную роль играют также характеристики, повышающие безопасность дорожного движения и экологичность – сцепление колес автомобиля с покрытием дороги, светотехнические свойства, ровность и шумность покрытия при движении транспортных средств.

Применение в качестве вяжущих материалов БИТРЭК дает возможность изменить структуру, физико-механические и химические свойства асфальтобетонов с целью улучшения их функциональных характеристик.

При этом очевидно, что основное положительное влияние резины на свойства асфальтобетона проявляется при соединении ее с битумом как базовым компонентом смеси. Свойства битума, его химический состав, зависящий от технологии производства и исходного сырья, являются определяющими факторами при взаимодействии с резиновой крошкой в составе асфальтобетона.

В России, в силу сложившихся обстоятельств, широко развилась технология получения битумов по методу барботажного окисления (окислительного дегидрирования). При этом смешанные остатки различных процессов переработки нефти переводятся в более твердый продукт (битум) за счет того, что из части углеводородных молекул кислород воздуха вырывает водород с образованием свободных радикалов и паров воды. Если окисление вести в мягких условиях, то процесс продолжается длительное время, а возникающие при этом новые коллоидные частицы почти такие же, как и в остаточных битумах. Однако на нефтеперерабатывающих заводах температуру и скорость подачи воздуха поднимают до возможного предела, чтобы сократить время процесса при относительном сохранении нормируемых паспортом физико-механических свойств битума. В этих условиях резко ускоряется конденсация графитоподобных образований – зародышей последующей кристаллизации, и у таких "выжатых" окисленных битумов сильно уменьшена стабильность свойств и устойчивость к старению. Уменьшается устойчивость к воздействию воды, снижаются адгезионные свойства.

Выпускаемые битумы по своим основным свойствам не соответствуют нынешним повышенным требованиям для обеспечения надежной эксплуатации асфальтобетонов в дорожных покрытиях. Фактически наблюдается исчерпание возможностей окисленных битумов как вяжущих для асфальтобетонов. Кроме того, сказывается остаточный принцип их производства при общей топливной направленности технологии нефтепереработки.

По своему групповому составу типовой российский окисленный дорожный битум существенным образом отличается от типичного зарубежного, например американского или японского. Так российский битум типа БНД 60/90 с пенетрацией 70-75 и растяжимостью при 25°С около 100 см, но при 0°С близкой к 0 см содержит в среднем 20% асфальтенов, около 35% смол и 45% жидких углеводородов, из которых менее половины ароматических. Типичный японский битум с такой же пенетрацией и дуктильностью при 25°С содержит около 10% высокополярных асфальтенов и 20% смол, 60% ароматических углеводородов с широким молекулярно-массовым распределением и всего 10% насыщенных парафиновых линейного и циклического строения. При этом его дуктильность при 0°С в отличие от российского составляет 6-10 и более см. В Японии подобный битум занимает до 90% в объеме применяемых в дорожном строительстве.

При введении шинной резиновой крошки в горячий жидкий битум сначала происходит ее набухание в низкомолекулярных углеводородных компонентах. Этот процесс осуществляется легче и быстрее в присутствии большего количества ароматических соединений. Очевидно, что, благодаря своему составу, российские битумы гораздо менее совместимы с резиной или другими полимерами, чем зарубежные.

Поскольку окисленные дорожные битумы составляют основной объем производства и наиболее широко применяются при строительстве покрытий автомобильных дорог, представляет интерес попытаться с помощью соединения их в составе асфальтобетонов с резиновой крошкой добиться, за счет высоких эксплуатационных свойств резины, существенного улучшения свойств самого асфальтобетона.

Резина, представляет собой объемносшитый полимер, полученный вулканизацией каучука. Резина отдельных элементов шин в основном состоит из тщательно подобранных смесей каучуков трех видов, различающихся содержанием в шинах различных производителей. Это бутадиен-стирольный, дивиниловый (бутадиеновый) и изопреновый синтетические каучуки. Каучуки БСК и СКД повышают термостабильность и прочностные свойства шинной резины. В резине некоторых марок автомобильных шин и большинстве авиационных, изопреновый каучук заменяется на натуральный, что приводит к большей эластичности и снижению тепловых потерь при высокой скорости деформирования. В состав резины в обязательном порядке также входит мелкодисперсная сажа, как упрочняющая добавка, которая в несколько раз повышает прочность на разрыв по сравнению с вулканизированным каучуком. В некоторых новых марках зарубежных шин применяется для этих же целей мелкодисперсная двуокись кремния (силикагель). Протекторная резина обладает очень высокой ударной прочностью и устойчивостью к истиранию.

Гибкие высокомолекулярные каучуковые цепи редкосшитые в резине сульфидными мостиками имеют высокую подвижность в широком интервале температур. Поэтому резина остается эластичной и не дает трещин при очень низких эксплуатационных температурах. Температура стеклования большинства шинных резин достигает –70°С.

В процессе производства шин резина подвергается строжайшему контролю на соблюдение чрезвычайно жестких нормативных требований, поскольку это непосредственно связано с безопасностью людей при движении транспорта.

Таким образом, шинная резина представляет собой наиболее высококачественный и высокотехнологичный продукт химической промышленности, который обладает уникальным комплексом свойств. В тоже время резина является одним из конечных многотоннажных продуктов цепочки переработки нефти и газа, который очень широко используется в жизни и производстве. Во всем мире масштабы производства резиновых изделий чрезвычайно велики и также велики масштабы образующихся резиновых отходов. Благодаря высочайшей устойчивости резина из отходов практически не меняет свои химические и физико-механические свойства, мало отличаясь от новой. Сокращения производства резины в ближайшем будущем не предвидится. Поэтому отходы резины являются практически неисчерпаемым источником качественного эластомерного сырья для улучшения свойств вяжущих и асфальтобетонов.

Разработанная нами технология позволяет из дорожных битумов невысокого качества и достаточно дешевых эластомерных модификаторов, которыми является крошка из резины амортизированных шин, получать битумнорезиновые материалы, в которых резина полностью не разлагается и не растворяется, а химически связываясь с битумом, проявляет свои высокие эксплуатационные свойства уже в составе нового композиционного материала.

Вяжущие БИТРЭК разработаны для использования в составе асфальтобетонных смесей и служат для повышения трещиностойкости, сдвигоустойчивости и коррозионной устойчивости верхних защитных слоев асфальтобетонных дорожных покрытий и слоев износа, повышения их эксплуатационной и усталостной долговечности, продления межремонтных сроков службы.

Помимо стандартных уплотняемых асфальтобетонов типов А и Б, апробацию в производственных условиях прошли и показали положительные результаты такие типы асфальтобетонов на битумнорезиновых композиционных вяжущих как песчаные, щебеночно-мастичные и литые. Рассмотренные типы асфальтобетонов на новом вяжущем рассчитаны на применение в условиях резкого роста всех видов транспортных нагрузок, техногенных и климатических воздействий.

В отличие от битумов и других однородных полимер-битумных вяжущих, материалы БИТРЭК (в области характеристических размеров 0,1-2 мм) макронеоднородны по фазовому и химическому составу, поскольку они включают частицы резины, отличающиеся по своему химическому составу от состава битума и представляющие по отношению к битумной дисперсионной среде гетерогенную псевдотвердую дисперсную фазу. Распределяются частицы резины в объеме вяжущего БИТРЭК достаточно равномерно и однородно, с измеренными отклонениями по концентрации не превышающими в жидком состоянии 3-5% масс. Размеры частиц резины в сухом состоянии в соответствии с техническими требованиями ограничены сверху величиной 0,5-0,6 мм. При их набухании в битуме максимальные размеры увеличиваются, но даже в растянутом состоянии в пленке вяжущего не превышают 2 мм. Тех химических сил, которые организованы в структуре вяжущего в результате технологического процесса, достаточно, чтобы обеспечить взвешенное состояние частиц резины указанных размеров.

Такая неоднородная в определенном размерном масштабе, но упорядоченная структура вяжущего в составе крайне неоднородной, полидисперсной, но также статистически упорядоченной минеральной структуры асфальтобетона, придает последней вполне определенные характеристики композиционного материала с различными по своим механическим свойствам составляющими. Фактически, асфальтобетон, посредством вяжущего БИТРЭК, армируется дисперсным компонентом, имеющим на порядки меньший модуль упругости и обладающим свойством высокоэластичности.

Другой отличительной особенностью вяжущего, определяющей свойства асфальтобетона, является его высокая, долговременная адгезия за счет полярных химических групп, привитых к каучуковым цепям резины, входящих в структурную молекулярную сетку. Только благодаря высокой адгезии между частицами резины и минеральными компонентами становятся возможными все полезные явления, связанные с дисперсно-эластичным армированием асфальтобетонов как композиционных материалов. Появляется высокая устойчивость к накоплению усталостных повреждений при циклических нагрузках, которая напрямую влияет на эксплуатационную долговечность покрытий. По сравнению с асфальтобетонами на обычных дорожных битумах прогнозируемая долговечность только по этому фактору может увеличиваться в 2-3 раза и достигать в условиях высокоинтенсивного движения 16-25 лет.

Третья особенность – это так называемая устойчивость вяжущего к старению. Помимо самой резины, она связана с работой тех химических добавок-катализаторов, которые, участвуя в полимеризационном процессе, дополнительно оказывают влияние на энергетическую структуру коллоидных ядер самого битума. Впервые подобный способ локализации избыточных неспаренных электронов в ядрах коллоидных частиц нефтяных дисперсных систем был разработан Ф.Г.Унгером с сотрудниками. Благодаря вышеназванным

химическим компонентам, у вяжущего БИТРЭК появляется способность при высоких технологических температурах поглощать и переводить во взвешенное состояние углеродистые образования и твердые углеродистые (графитоподобные) частицы, являющиеся термодинамическими центрами конденсации и ускоренного старения битума. Этот эффект хорошо заметен при длительной работе с вяжущим БИТРЭК. Отмечено, что на АБЗ в накопительных и расходных битумных емкостях происходит смывка различного рода отложений, нагаров, пеков и очистка от них жаровых труб, масляных регистров и трубопроводов. Также, в отличие от других "резино-битумных" и "полимер-битумных" вяжущих, отсутствуют какие-либо отложения, нагары и осадки, засоры битумопроводной арматуры.

Что касается устойчивости вяжущего БИТРЭК к воздействию высоких технологических температур, то представляется достаточно сложным разделить происходящие химические процессы, имеющие противоположную направленность. Например, стандартные испытания, фиксирующие изменение свойств при нагреве тонких слоев вяжущих показывают, что температура размягчения в отличие от битумов, не увеличивается, а уменьшается, хотя это изменение находится в допустимых пределах 3-5°С. Испытания на старение вяжущих, проведенные в различных лабораториях показали что, в некоторых случаях, этот показатель вообще не меняется, что свидетельствует о полной компенсации противоположных процессов. Изменение массы при прогреве также находится в допустимых пределах. Не замечено также значительного изменения свойств асфальтовой смеси литого типа при неоднократном технологическом нагреве до 220°С и выше.

Механизм такого поведения вяжущего основан на химических свойствах резины, представляющей собой объемносшитый полимер, полученный вулканизацией каучука. Испарение наиболее летучих фракций битума затруднено, поскольку именно они лучше поглощаются резиновой крошкой при высоких температурах. Тем самым резина выполняет по отношению к битуму защитную функцию. Начало заметной термодеструкции шинной резины в битуме происходит при температуре 220-240°С, резины, состоящей из вулканизированного натурального каучука приблизительно 160°С. При достаточно устойчивом к термической и окислительной деградации битуме возникновение каучуковых фрагментов деструкции приводит к некоторому понижению вязкости смеси, то есть, по принятой терминологии, не к старению, а "омоложению" вяжущего.

Помимо основных компонентов шинная резина содержит целый комплекс химических веществ, выполняющих функции антиоксидантов, антиозонантов, противостарителей и др. Эти добавки вводятся в сырую резиновую смесь и распределяются в массе резины. Они защищают материал от преждевременного разрушения под действием кислорода, ультрафиолетового излучения, высокой температуры, образующихся при деформациях свободных радикалов и других активных частиц. Их присутствие обеспечивает дополнительное повышение устойчивости вяжущего материала к окислительной деградации в условиях эксплуатации. Замедляет процессы старения при эксплуатационных температурах и в условиях нагрева до высоких технологических температур.

Резина, корректно введенная в структуру асфальтобетона, проявляет присущие ей прочностные и упругие свойства. При эксплуатационных температурах в области возникающих при движении транспорта нагрузок и деформаций вяжущее БИТРЭК в отличие от однородных вяжущих имеет значительно большую долю упругих свойств, чем вязкотекучих. Вяжущее в целом обладает большей когезионной прочностью, чем битум, и, в совокупности с высокими адгезионными свойствами, способствует повышению устойчивости всей конструкции асфальтобетона к сдвиговым и динамическим деформациям.

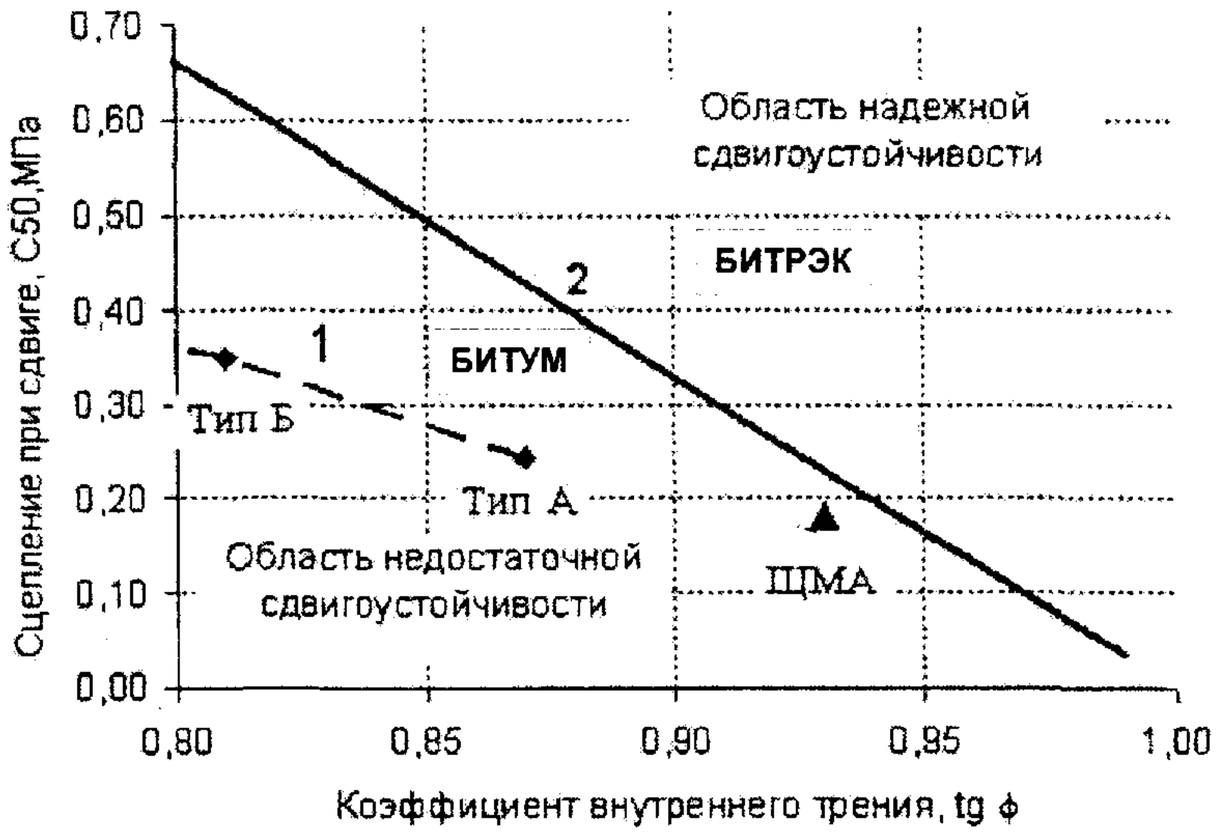
Проведенные многочисленные испытания образцов из покрытий и исходных смесей показали, что, в соответствии с критериями, характеризующими влияние основных структурообразующих факторов на сдвигоустойчивость асфальтобетона, коэффициент внутреннего трения смесей на БИТРЭК зависит от содержания в них щебня, его морфологии и гранулометрии, характера и плотности точечных контактов, и, в основном, укладывается в нормативные требования. А вот величина сцепления при сдвиге зависит от реологических и

когезионных свойств вяжущего, и для БИТРЭК существенным образом превышает показатели битума.

Так, например, по данным СоюздорНИИ, величина сцепления при сдвиге ($C_{50}$) для всех стандартных типов смесей на основе самого вязкого дорожного битума марки БНД 40/60 находится в пределах от 0,24 МПа для ЩМА до 0,74 МПа для асфальтобетона марки В. Для менее вязких битумов значения соответственно ниже. Значения $C_{50}$ при использовании вяжущего БИТРЭК такой же марки попадают в интервал 0,5–1,5 и в среднем, по данным сравнительных испытаний для одного и того же состава смеси, превышают значения сцепления для битума в 2-3 раза.

Понятно, что при таких характеристиках сцепления вяжущего БИТРЭК, практически все типы асфальтобетонов попадают в область надежной сдвигоустойчивости для высокоинтенсивных условий движения. (см. рис.)

**Рис.1. Требования к показателям сдвигоустойчивости асфальтобетонов.**




1 – нормы изменения №2 ГОСТ 9128-97;

2 – рекомендуемые для сверхрасчетных условий автомобильного движения в Москве и Московской области (данные лаборатории асфальтобетона и черных материалов ФГУП СоюздорНИИ). Асфальтобетоны на основе БИТРЭК по сдвигоустойчивости попадают в область 2.

Следует отметить, что высокая сдвигоустойчивость асфальтобетонов на основе БИТРЭК сочетается с их достаточно высокой деформативностью при низких температурах. Это также связано со свойствами вяжущего, определяющимися свойствами резины и продуктов ее частичной деструкции в битуме. Резина остается эластичной и не дает трещин при очень низких эксплуатационных температурах. В композиционных битумнорезиновых вяжущих материалах БИТРЭК вышеназванные свойства резины получили свое максимально возможное использование.

Проведенные стандартные испытания прочности асфальтобетонов из уложенных участков и смесей на растяжение при расколе при 0°С показали, что абсолютно во всех случаях величина параметра находится в пределах норматива и составляет для разных типов асфальтобетонов от 3 до 6 МПа. Дифференциировать же какая величина соответствует большей трещиностойкости в условиях реальной эксплуатации по сути невозможно.

За рубежом (в США и Канаде) температуру образования трещин при охлаждении определяют по методу TRST по точке пересечения кривых "растягивающее напряжение – температура" и "прочность на растяжение – температура". По данным таких испытаний применение битумнорезиновых материалов значительно увеличивает устойчивость асфальтобетонов к трещинообразованию при низких температурах. В зависимости от содержания резины в вяжущем критические температуры трещинообразования находятся в пределах от -30 до -45°С.

Однако, помимо обычной устойчивости к трещинообразованию за счет низкотемпературной пластичности тонких пленок жидкоподобной части вяжущего,

существует еще один механизм трещиностойкости. Он проявляется в композиционных материалах, имеющих в своем составе достаточное количество неоднородных включений с резко отличающимися от основного материала упругими свойствами. Этот механизм, по нашему мнению, дает существенный вклад в устойчивость к трещинообразованию при применении в составе асфальтобетонов неоднородных вяжущих БИТРЭК. Аналогом этому процессу является поведение композиционных дисперсионно-стареющих сплавов для авиационных и космических применений при высоких, близких к разрушающим, циклических нагрузках. В этих сплавах присутствуют мелкие упрочняющие включения дисперсной фазы, которые служат центрами торможения и остановки распространения нагрузочных и усталостных трещин.

Частицы резиновой крошки по своему характеру являются элементами структуры асфальтобетона, демпфирующими внешние и внутренние нагрузки, а также центрами торможения и остановки распространения всех видов трещин. Отсюда вероятна пониженная склонность таких асфальтов к образованию как температурных, так и отраженных трещин, что и показали наблюдения за уложенными покрытиями.

В лаборатории кровельных и гидроизоляционных материалов ОАО "ЦНИИПромзданий" были проведены испытания слоев толщиной 3-5 мм вяжущих и мастик БИТРЭК, нанесенных в горячем состоянии на бетонные блоки, при их циклическом охлаждении до -60°С и нагреве до комнатной температуры. Материалы БИТРЭК выдержали несколько циклов без растрескивания и отставания от бетонной поверхности, после чего испытания были прекращены по причине их длительности и отсутствия видимых изменений внешнего вида материала. Дорожный битум марки БНД 90/130 полностью треснул и отслоился в течение первого цикла охлаждения, также как и большинство кровельных составов на основе битума, в том числе и полимернобитумные.

В состав вяжущего БИТРЭК входит и участвует в образовании гетерогенной сетчатой структуры как минимум 8-10% по массе шинной резиновой крошки. При набухании в "окисленных" битумах, особенно хорошо в высокопарафинистых, происходит увеличение ее объема за счет поглощения жидких фракций. В составе вяжущего, в зависимости от условий и исходного состава битума, количество резины по объему может составить 30-50% и даже выше. В дорожных покрытиях при этом меняется характер трения колеса автомобиля. Увеличивается вклад трения в паре "резина по резине". Поэтому все проведенные измерения коэффициента сцепления показывают существенное повышение по сравнению с типовыми асфальтобетонами. Эти данные отражены в дорожном нормативном документе Управления "МОСАВТОДОР" ДНД МО-004/2004. Например, покрытие из асфальтобетона литого типа для механизированной укладки, имеющее гладкую, покрытую пленкой вяжущего, нешероховатую поверхность, показывает коэффициент сцепления по прибору ПКРС-2(У) 0,35-0,45 через 2 дня после укладки и 0,55-0,65 через 4 месяца эксплуатации. Эта величина более чем в два раза превышает необходимую для безопасного движения. Коэффициент сцепления с покрытием из щебеночно-мастичного асфальтобетона на основе БИТРЭК, уложенном на федеральной магистрали М-9, по показаниям прибора ППК-МАДИ-ВНИИБД составил 0,56, хотя многочисленные испытания покрытий из асфальтобетонов подобного типа, проведенных при сопровождении СоюздорНИИ, показывают, что для ЩМА на обычных битумах коэффициент сцепления не превышает 0,45-0,48.

Что касается снижения шумности асфальтобетонных покрытий на основе вяжущего БИТРЭК, в основном мы пользуемся результатами, полученными в многочисленных зарубежных исследованиях в применении к покрытиям, содержащим резину в том или ином виде. Большое количество таких работ проведено в США, Канаде, Франции, Германии и др. Благодаря уникальным упругим и демпфирующим свойствам резины такие покрытия обеспечивают сниженный на 3-10 децибелл уровень шума и вибрации при движении автомобилей.

То же относится и к изучению уменьшения склонности к образованию наледи и ледяных пленок на покрытии. За счет упругости и гидрофобности поверхности покрытия

уменьшается возможность образования тонких ледяных пленок (т.н. "черного льда") и наледи. Резиноасфальтобетон имеет низкий уровень сцепления с ледяными слоями, которые легко разрушаются при проезде автомобиля. Из зарубежного опыта и наших наблюдений за эксплуатацией уложенных покрытий в Москве с очевидностью следует подтверждение этим фактам. Отмеченные эффекты являются следствием физико-химических и механических свойств резины.

В таблице 1 представлены обобщенные сравнительные характеристики трех наиболее перспективных типов асфальтобетонов, которые, помимо дорожных покрытий для высокоинтенсивных условий движения, могут быть рекомендованы для конструкции дорожного полотна на мостах, эстакадах и других искусственных сооружениях.

**Табл.1. Обощенные сравнительные характеристики асфальтобетонов на основе вяжущего БИТРЭК и дорожного битума по данным испытаний образцов из уложенных покрытий и смесей.**

| НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ | | **Вяжущее БИТРЭК** | | | Дорожный битум БНД | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **ВИБРО-ЛИТОЙ** | **ЩМА-15** | **Тип Б, марка I** | ЛИТОЙ,тип II | ЩМА-15 | Тип Б, марка I |
| Прочность при сжатии, МПа | при 50°С<br>при 20°С<br>при 0°С | 1,3-1,8<br>4,3-5,6<br>7-9 | 1,1-1,7<br>3,5-4,5<br>7,2-8,5 | 1,8-2,6<br>4,2-6,7<br>7,2-9,4 | 0,7-0,9 2,1-2,5<br>11-13 | 0,7-1,0<br>2,5-2,9<br>9,0-11,6 | 1,1-1,6<br>2,8-4,2<br>10.5-12,5 |
| Сдвигоустойчивость по коэффициенту внутреннего трения tg φ, при 50°С | | 0,75-0,80 | 0,92-0,95 | 0,78-0,82 | н/д | 0,93-0,95 | 0,81-0,84 |
| По сцеплению при сдвиге $C_{50}$, МПа | | 0,6-1.5 | 0,36-0,85 | 0,76-1,3 | н/д | 0,18-0,24 | 0,37-0,45 |
| Водонасыщение, % | | 0-0,1 | 0,5-2 | 0,5 - 2,4 | 0,5-1,0 | 1,5-3 | 2,5 - 3,6 |
| Коэффициент водостойкости | | 0,99-1,0 | 0,97-1,0 | 0,95-1,0 | 0,98-1,0 | 0,87-0,93 | 0,87-0,95 |
| Прочность на растяжение при расколе при 0°С, МПа | | 4,6-6,1 | 3,5-5,5 | 4,5-6,2 | 2-4 | 2,5-3,5 | 2,5-4,7 |
| Прочность на растяжение при изгибе, МПа | при 20°С<br>при 0°С<br>при -20°С | 3,6-4,2<br>6,5-7,5<br>9,5-10 | 2,8-3.5<br>5,7-6,5<br>8,5-9,3 | 2,5-3,4<br>3,5-5,8<br>8-11 | 2,1-2,3<br>5,2-6,0<br>7-9* | 0,76-1,2<br>1,9-2,1<br>6-8* | 1,8-2,4<br>4.1-6,0<br>7,5-9,5 |
| Модуль упругости при изгибе, МПа | при 20°С<br>при 0°С<br>при -20°С | 300-420<br>600-700<br>900-1000 | 250-330<br>580-620<br>950-1020 | 240-350<br>470-610<br>890-1100 | н/д | 70-80<br>175-185<br>350-500* | 150-200<br>420-600<br>860-1090 |
| Модуль упругости при динамическом изгибе, МПа•$10^3$ | при 20°С<br>при 0°С<br>при -20°С* | 4-5<br>8-10<br>12-14 | 2-2,5<br>6-8<br>9-10 | 3-3,5<br>6-7,5<br>10-13 | 1,2-2,2 5,8-7,0<br>15-17 | 0,7-0,78<br>1,7-1,8<br>8-11 | 2-2,8<br>4-4,5<br>13-16 |
| Количество циклов нагружения до падения модуля упругости в 2 раза, тыс.цикл. | | 250-350 | 250-300 | 120-150 | 40-50 | 30-45 | 40-60 |
| Глубина вдавливания штампа при 50°С, мм | | 0,3-0,5 | - | - | 8-10 | - | - |
| Коэффициент стекания,% | | - | 0,02-0,1 | - | - | 0,17-0,2 | - |
| Коэффициент сцепления с колесом (ПКРС-2У, ППК-МАДИ-ВНИИБД) | | 0,45-0,65** | 0,55-0,6 | 0,40-0,45 | 0,25-0,3<br>0,1-0,12** | 0,3-0,45 | 0,27-0,29 |

н/д – нет данных; * – экстраполяция; ** – без обработки поверхности втапливанием щебня.

Данные испытаний получены в лабораториях ЛИЦ Управления "МОСАВТОДОР", ЦМИиС МАДИ-ГТУ, 26 института МО РФ, ОАТИ г. Москвы, ДУИЦ г. Павловск, ЦМДиТ г. Москвы, УИЦ ОАО "Центродорстрой", ООО "Дорэксперт", ООО "Профкомп", ООО "МАДИ-Практик", АБЗ ЗАО "Шоссе", АБЗ ЗАО "БЕТАС", лаборатории Доркомитета и АБЗ-1 г. Санкт-Петербурга и др. Часть данных, например по литым асфальтобетонам II типа, взята из литературных источников. Наиболее яркие различия в характеристиках асфальтобетонов одного типа на БИТРЭК и обычных битумах выявлены по показателям сцепления при сдвиге, водостойкости, усталостной долговечности при циклических нагрузках, прочностных характеристик при изгибе и сжатии, а также по сцеплению с колесом автомобиля.

Все вышеприведенные особенности вяжущих БИТРЭК и асфальтобетонов на их основе, а также данные испытаний, полученные независимыми организациями, являются объективными, не имеют рекламного характера и реально соответствуют действительности.

Анализ полученных данных показывает, что битумнорезиновые композиционные вяжущие материалы БИТРЭК по физико-механическим свойствам схожи с полимернобитумными материалами и в дополнении к этому обладают высокими адгезионными свойствами и водостойкостью. По этим своим характеристикам и устойчивости к старению они превосходят полимербитумные вяжущие и приближаются к материалам на основе природных битумов и асфальтов, имея достаточную для практики долю резиноподобных свойств. Резиновая крошка в составе вяжущего БИТРЭК корректно и рационально выполняет функцию полимерного дисперсно-эластичного армирования асфальтобетона.

В частности, можно утверждать, что при увеличении устойчивости асфальтобетонного покрытия к сдвиговым и усталостным деформациям (в 2 – 2,5 раза), деформативности при низких температурах и устойчивости к трещинообразованию (в 1,5-2 раза), влагостойкости и устойчивости к современным противогололедным реагентам, срок службы покрытия до первого ремонта увеличится как минимум вдвое. По сравнению с типовым покрытием, которое по нормативам должно служить 5-7 лет, а реально в условиях высоких городских транспортных и техногенных нагрузок служит 2-3 года (иногда даже меньше года – пример, Ярославское шоссе в г. Москве, от Северянинского путепровода до ул.Федоскинской), срок службы нового покрытия может составить до 10-12 лет.

**Табл. 2. Типичные показатели уложенного в Москве мелкозернистого асфальтобетона типа РБ-I**

| Наименование показателей | Величины | Требования ГОСТ |
|---|---|---|
| Содержание вяжущего,%<br>по массе сверх 100 | 5,8-6,1 | - |
| Средняя плотность, г/куб.см | 2,38-2,41 | - |
| Водонасыщение. % по объему | 0,5-0,8* | 1,5-4,0 |
| Прочность при сжатии, МПа,<br>при температуре 20°С<br>при температуре 50°С<br>при температуре 0°С | <br>4,5-5,1<br>1,8-2,3<br>7,8-9,0 | <br>≥ 2,5<br>≥ 1,2<br>≤ 11,0 |
| Коэффициент внутреннего трения | 0,85-0,87 | ≥ 0,81 |
| Сцепление при сдвиге, МПа | 0,5-0,6 | 0,37 |
| Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе, МПа | 5,3-5,8 | 3,5-6,0 |
| Водостойкость | 0,96-1,0 | ≥ 0,9 |

* по ТУ 5718-001-58528024-05 допускается снижение величины водонасыщения до 0,5%

Сравнение ориентировочных стоимостей 1 кв. м. покрытия на типовых материалах и на вяжущих БИТРЭК приведена в таблице 2. При расчете по ресурсному методу удорожание покрытия из асфальтобетона типа Б-I составит около 14% при неизменной технологии строительства. В случае отмены ненужной в нашем случае подгрунтовки эмульсией или горячим битумом удорожание около 5%. Для вибролитого и щебнемастичного покрытия удорожание отсутствует.

**Табл. 3. Сравнение ориентировочных стоимостей 1 кв. м. покрытия на типовых материалах и на вяжущих БИТРЭК в Москве в 2005 г.**

| Описание слоя | Стоимость обычных материалов на 1м$^2$, руб. | Стоимость с выполненой работой на 1м$^2$, руб | Стоимость материалов с БИТРЭК на 1м$^2$, руб. | Стоимость с выполненой работой на 1м$^2$, руб | Удорожание 1м$^2$, % |
|---|---|---|---|---|---|
| Асфальтобетон Б1, 5 см | 130 | 350 | 180 | 400 (370) | 14 (5,5 - без подгрунтовки) |
| Асфальтобетон литого типа II, 4 см | 180 | 400 | 220 | 400 | 0 |
| Асфальтобетон ЩМА-15, 5 см | 200 | 450 | 200 | 450 | 0 |

Таким образом, сравнимая экономичность стандартных покрытий достигается при межремонтном сроке службы нового покрытия всего на 15% больше, чем традиционное. Анализ приведенных затрат на реальный срок эксплуатации покрытия показывает, что полная окупаемость нового покрытия произойдет уже после 5-6 месяцев эксплуатации, а только за счет минимально возможного увеличения срока службы без потери эксплуатационных качеств, экономичность нового покрытия приблизительно на 70-85% больше, чем стандартного. Если учесть, что по своим параметрам новые покрытия могут иметь в 1,5-2 раза меньшую толщину, чем типовые, то очевидно, что их экономичность сразу же при укладке намного выше обычных.

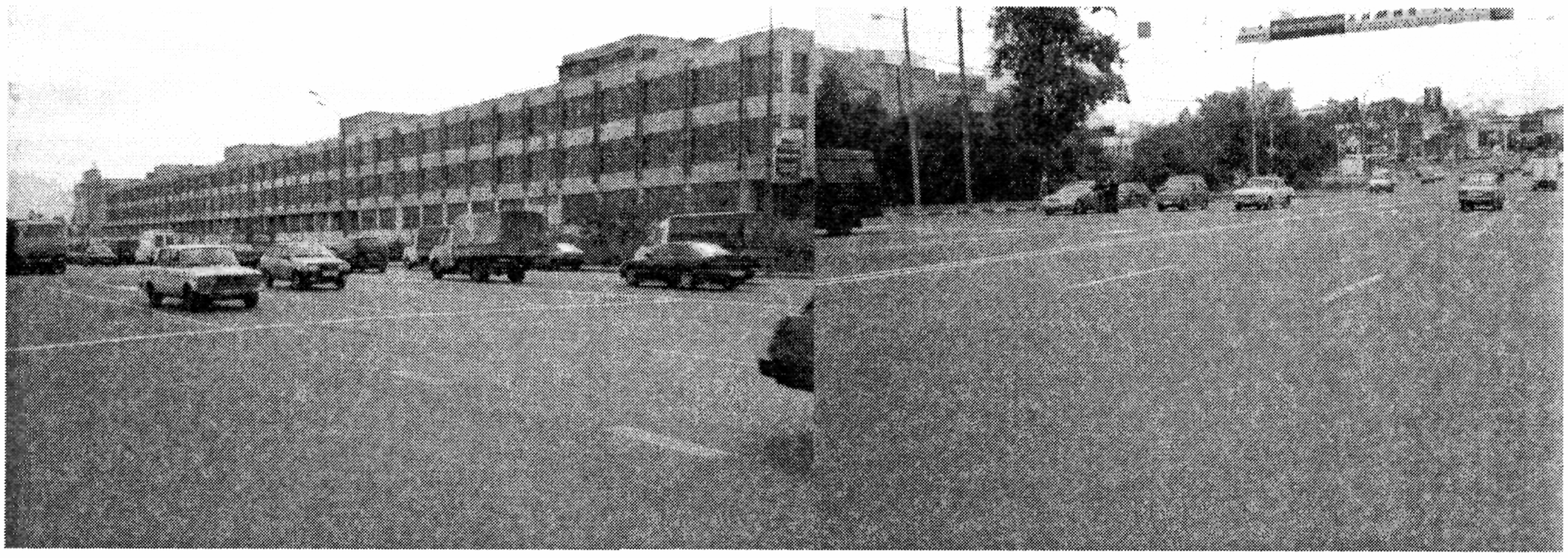
Высокая экономическая эффективность материалов БИТРЭК в составе асфальтобетонов дает возможность их широкого применения не только при строительстве и ремонте дорог и сооружений высших технических категорий с интенсивным и грузонапряженным движением, но и на объектах региональной сети, составляющих основу общей дорожной сети России.

Наиболее ярко и плодотворно свойства вяжущих БИТРЭК проявляются в асфальтобетонных материалах, состав и структура которых созданы с учетом характерных особенностей вяжущих. Благодаря высокой структурированности и адгезионной способности БИТРЭК, высокой деформативности при низких температурах и возможности дисперсно-эластичного армирования структуры асфальтобетона частицами резины, существует возможность приготовления смесей с составами, использующими, например, сверхвысокое содержание высокопрочных кислых щебней, местных минеральных материалов, составов для вибрационной литьевой технологии укладки с помощью дешевой и широко распространенной отечественной техники. Такие составы обладают очень высокой устойчивостью к колееобразованию и износу, уникальной усталостной долговечностью при высоких транспортных нагрузках, абсолютной водонепроницаемостью и повышенным коэффициентом сцепления с пневматиками колес. Практический опыт работы показал, что эти материалы позволяют решать задачи, которые с помощью асфальтобетонов на обычном битуме решить невозможно.

Возможно весьма эффективное применение новых резиноасфальтобетонов на железобетонных и металлических эстакадах, мостовых сооружениях, в том числе на вантовых, раздвижных и подъемных. Наиболее подходящие виды асфальтобетонных покрытий для указанных сооружений – щебеночно-мастичные высокой плотности в верхнем слое и вибролитые машинной укладки на основе вяжущего БИТРЭК в основании. Такие покрытия способны выдержать без разрушения высокие деформации, в том числе изгиба и кручения, обладают очень высокой устойчивостью к сдвиговым деформациям (колееобразование), высокой трещиностойкостью и прочностью. Их свойства позволяют выполнять тонкослойные износостойкие покрытия, тем самым существенно разгружая конструкцию мостов. Их применение позволяет существенно экономить материальные ресурсы за счет снижения нормативной толщины слоя покрытия до 3-4 см без ухудшения качества и долговечности покрытия. Такая возможность фактически приводит к заметной экономии бюджетных средств, поскольку даже при более высокой стоимости вяжущего БИТРЭК по сравнению с битумом, практически удается вписываться в существующие нормативные расценки на дорожные работы при прогнозируемом увеличении межремонтных сроков покрытий.

Особо следует подчеркнуть, что вяжущие БИТРЭК прекрасно подходят для изготовления таких перспективных типов асфальтобетонов, как щебеночно-мастичные, при заметном улучшении их характеристик. Причем их стоимость по сравнению обычными не увеличивается, так как не требуется использования дорогостоящих структурирующих добавок и ПАВ. Дополнительная экономия происходит за счет их изготовления на самых обыкновенных смесительных установках отечественного производства, причем без потери качества и производительности, а также за счет легкости и простоты технологии их укладки и уплотнения. Комплекс эксплуатационных показателей ЩМА-асфальтов на БИТРЭК и их долговечность существенно выше, чем на дорожных битумах с импортными добавками.

**Рис. 2. Вид покрытия на выезде из Москвы по Волоколамскому шоссе (пост ГАИ) через год после ремонта с применением асфальтобетона ЩМА-15 на БИТРЭК.**



В асфальтобетонах литого типа на БИТРЭК. по сравнению с литыми на дорожных битумах, значительно снижены сдвиговые деформации (колееобразование) в покрытиях при их эксплуатации. Такие покрытия имеют высокий коэффициент сцепления с колесом автомобиля (0,45-0,65), что позволяет отказаться от дополнительных поверхностных обработок. Наблюдается очень хорошее сцепление со старым покрытием и выравнивающим слоем, причем без какой-либо дополнительной подгрунтовки. Эти отличия позволяют упростить технологию и облегчить проведение ремонта дорог и аэродромов. Из-за повышенной деформативности при низких температурах литых покрытий на вяжущих БИТРЭК, отсутствует дальнейшее растрескивание прилегающих участков старых покрытий в процессе эксплуатации. Срок службы подобного рода покрытий при высоких транспортных нагрузках оценивается в 10-15 лет до первого ремонта, что позволяет подрядчику спокойно устанавливать гарантийный срок 5-7 лет.

Кроме ямочного ремонта в весенне-зимний период, который прекрасно осуществим литыми резиноасфальтобетонами на основе БИТРЭК, есть еще один объект их применения – это устройство примыканий дорожного полотна к конструктивным элементам деформационных швов на пролетных строениях мостовых сооружений. Эта работа обычно выполняется при ремонте швов и в случае недопустимых разрушений асфальтобетонного покрытия в критической зоне вблизи шва без разрушения основного полотна покрытия.

Наиболее подходящим для выполнения этой работы обычно служит литой асфальтобетон V марки по известным ТУ 400-24-158-89. Однако в чистом виде такой литой материал применяться не может по причине его очень низкой сдвигоустойчивости в условиях динамических и ударных нагрузок в местах примыканий. Поэтому для этих целей применяется технология литого асфальта на модифицированном полимерами (СБС до 8-9%) битуме с обязательным последующим послойным втапливанием прочного кубовидного щебня. Частично решая проблему сдвигоустойчивости, эта технология приводит к недостаточно плотной связи между конструктивом шва и новым литым покрытием, а также с обрезом основного дорожного полотна. Это связано с невысокими адгезивными свойствами литой смеси, которые при введении в битум СБС дополнительно снижаются. Поэтому требуется обязательное праймирование стенок и основания ремонтной карты с помощью специальных адгезивных смесей с добавлением ПАВ.

В случае слабого сцепления происходит образование и раскрытие трещины по месту стыка литого асфальта и асфальтобетона основного полотна, а также в месте контакта с конструкцией деформационного шва. Под воздействием воды и перепадов температур трещины расширяется и идет разрушение как асфальтобетона, так и самого ремонтного слоя.

Вяжущие материалы БИТРЭК этих недостатков лишены, поэтому есть вероятность их успешного применения в этих проблемных местах, что и было проверено на практике.

По согласованию с ГУП "ГОРМОСТ" и ГУП "Кольцевые магистрали" для повышения ровности покрытия и его долговечности в зоне деформационного шва на Савеловской

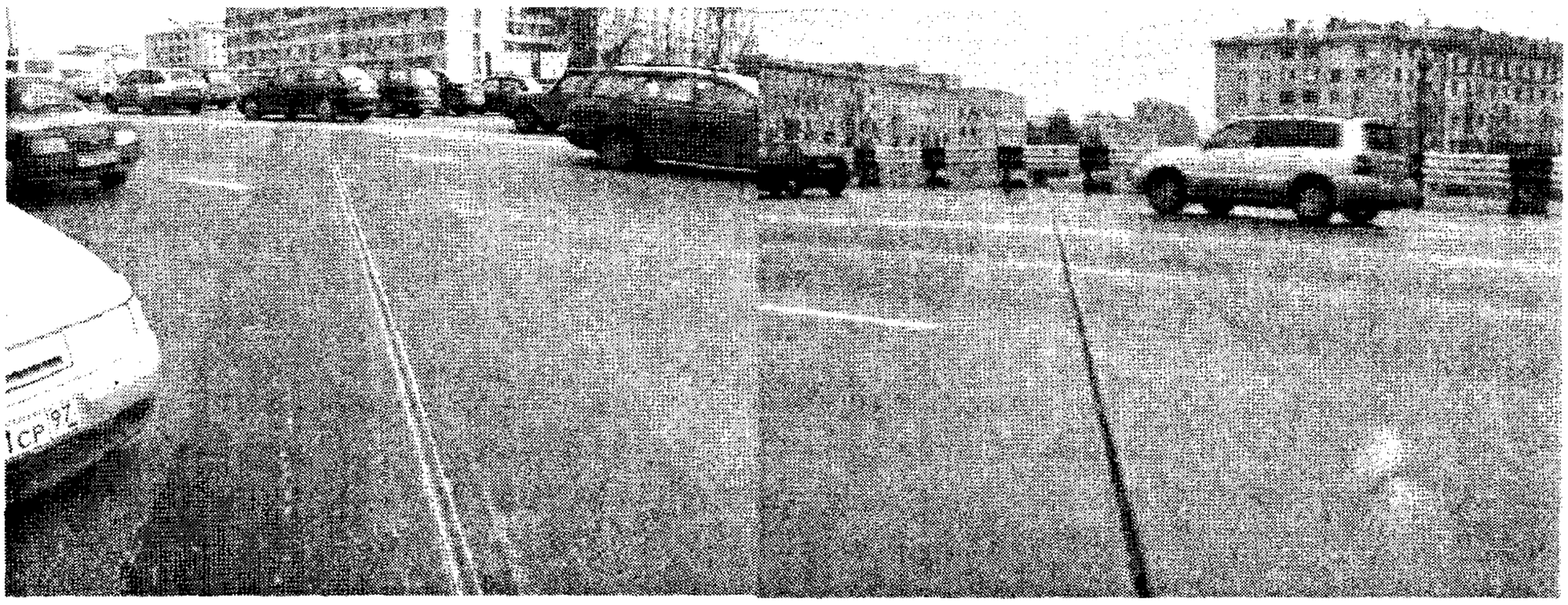
эстакаде Третьего транспортного кольца Москвы был применен асфальтобетон литого типа на вяжущем БИТРЭК для ручной технологии укладки, разработанный в ЛИЦ "МОСАВТОДОР". Он состоит на 100% из гранитного отсева с непрерывной гранулометрией и 15% вяжущего БИТРЭК. По своей прочности он приближается к уплотняемым асфальтобетонам, обладает высокой сдвигоустойчивостью, может профилироваться и служить основанием при последующих ремонтах.

Асфальтобетон в кохерах поставлялся непосредственно к месту работ на Савеловскую эстакаду, где затем выполнялись примыкания дорожного покрытия к конструкции деформационного шва по разработанному нами и согласованному с Заказчиком технологическому регламенту.

Работа по примыканиям была совмещена с ремонтом деформационного шва и проводилась без остановки движения транспорта с перекрытием по одной полосе движения за один раз. Края старого растрескавшегося асфальтобетонного покрытия обрезались алмазным инструментом на расстояние до 80-100 см с каждой стороны шва, куски старого асфальта удалялись, производилась ревизия нижних слоев и, если требовалось, то удалялись их поврежденные части. Затем вырезанное пространство очищалось от грязи и кусков щебенки, продувалось сжатым воздухом от пыли и влаги, а затем в подготовленную карту выкладывалась из кохера литая смесь с температурой 210-220°С. Смесь распределялась вручную, выравнивалась и профилировалась в соответствии с уклоном полотна покрытия с помощью ручной виброплиты.

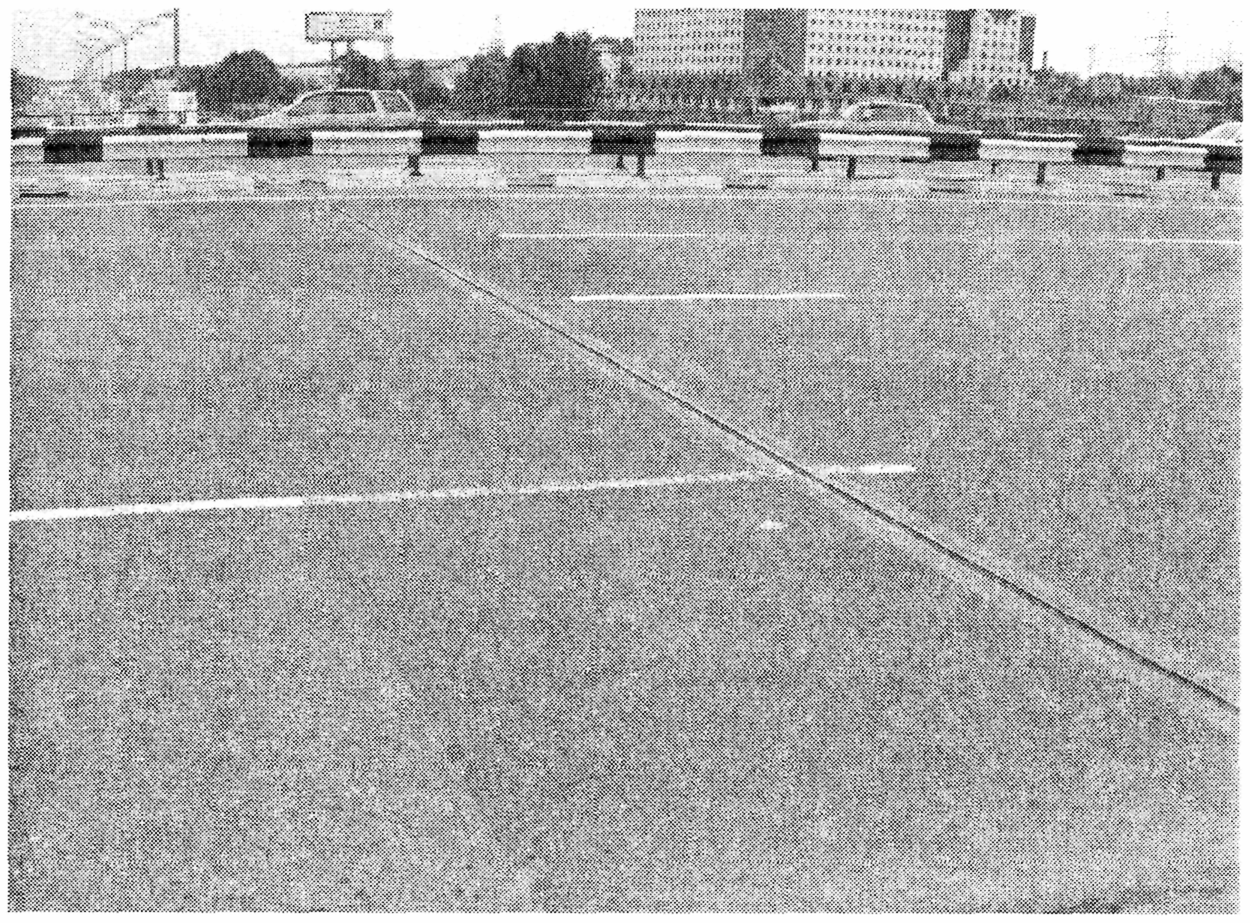
Вид участка примыкания к деформационному шву показан на рис.3. На фотографии заметны переходы между выполненными по полосам перекрытия участками и хорошее качество стыка со старым полотном дороги. Высокая адгезия вяжущего, его эластичность способствует очень плотному примыканию литого асфальтобетонного слоя к металлоэпоксидной ремонтной конструкции деформационного шва. Механические свойства, присущие такому литому асфальту, позволили покрытию выдержать летнюю эксплуатацию при высокой температуре без заметного колееобразования в условиях высочайших транспортных нагрузок, а высокий коэффициент сцепления с колесами автомобиля обеспечил снижение аварийности на эстакаде.

**Рис. 3. Вид зоны примыкания к деформационному шву на Савеловской эстакаде ТТК после ремонта с применением литого асфальтобетона на БИТРЭК и через 2 года эксплуатации.**



Обследование проведенное через 2 года после строительства показало, что покрытие находится в хорошем состоянии, колееобразование практически отсутствует, трещин и осташаний от окаймления деформационного шва не обнаружено, ровность покрытия в зоне примыкания сохранена. Результаты, полученные на Савеловской эстакаде ТТК г. Москвы позволили распространить положительный опыт при выполнении аналогичной работы на примыканиях к деформационным швам на путепроводе через окружную железную дорогу на Алтуфьевском шоссе г. Москвы. Аналогичные литые составы были успешно применены на пересечении Каширского шоссе и МКАД.

**Рис. 4. Вид зоны примыкания к деформационному шву на автомосту на пересечении Каширского шоссе и МКАД с применением литого асфальтобетона на БИТРЭК через год эксплуатации.**



Результаты практических опытно-промышленных и исследовательских работ по применению вяжущих БИТРЭК и асфальтобетонов на их основе в конкретных дорожных объектах показали, что идеи, заложенные в материалы и технологию их получения, оказались вполне плодотворны. Вяжущие материалы БИТРЭК дают возможность целевым порядком решить проблемы, возникающие по причине низкого качества и абсолютного недостатка необходимых свойств наших отечественных, полностью "выжатых" нефтепереработчиками, окисленных битумов. В асфальтобетонах проявился целый ряд положительных эффектов, связанных с неоднородным гетерогенно-композиционным составом вяжущего и его химическими свойствами. Проведенный сравнительный анализ зарубежных достижений и исследований показывает, что комплекс структурных, химических и физико-механических свойств вяжущих БИТРЭК дает возможность на основе имеющихся отечественных минеральных материалов и нефтяных битумов получать асфальтобетоны, превосходящие по своим эксплуатационным и техническим характеристикам мировые образцы. Причем экономическая эффективность новых битумнорезиновых материалов значительно превышает аналогичные зарубежные по ряду причин.

- Для производства и работы с материалами БИТРЭК используется широко распространенное недорогое отечественное оборудование, которое имеется на большинстве асфальтобетонных заводов и битумных базах, даже технически устаревших.
- Не требуется, как например в США, создавать целую высокотехнологичную, а соответственно чрезвычайно дорогую, индустрию по производству специального оборудования по смешиванию битумов с резиновой крошкой, транспортировке и перекачиванию вязкой смеси и введению ее в асфальтобетонную смесь.
- Готовые вяжущие БИТРЭК перевозятся в стандартных битумовозах и, как показал опыт, прекрасно подходят для применения практически на любых стандартных типах асфальтобетонных заводов, оснащенных любыми типами битумных насосов, в том числе и зарубежного производства.
- Резиноасфальтобетонные смеси на основе БИТРЭК прекрасно укладываются всеми имеющимися в распоряжении дорожников укладчиками, как отечественными, так и зарубежными. Причем, благодаря свойствам вяжущего, процесс укладки и уплотнения резиноасфальтобетонов на основе БИТРЭК проще и легче, чем асфальтобетонов на обычном дорожном битуме, а тем более чем асфальтобетонов на так называемом AsphaltRubber (AR).
- Даже резиноасфальтобетоны литого типа машинной укладки на вяжущем БИТРЭК, в отличие от финских, немецких и др. зарубежных, не требуют использования специального

транспортного и укладочного оборудования, а перевозятся обычными самосвалами и укладываются стандартными укладчиками, предназначенными для обычного асфальтобетона. Тем самым в несколько раз повышается производительность труда.

Результаты применения асфальтобетонов на основе вяжущих БИТРЭК, полученные в ходе опытно-экспериментальных производственных работ позволили уже в промышленном масштабе продолжить использование нового вяжущего в практике текущего и капитального ремонта асфальтобетонных покрытий.

В общей сложности за три последних года резиноасфальтобетоны различных типов на вяжущем БИТРЭК были применены при текущем и капитальном ремонте почти 500 тыс. кв. м. верхних слоев покрытий улиц и магистралей Москвы и около 300 тыс. кв. м. в городах Московской области. Выполнено дорожное покрытие ряда мостов, в том числе Хлебниковского моста через Клязьминское водохранилище (канал им. Москвы) и Октябрьского моста через Волгу в центре г. Ярославля.

Таким образом, в России появился первый, весьма успешный опыт применения резины из шин в дорожных покрытиях, используя технологию БИТРЭК. Технология и материалы БИТРЭК, при прочих равных условиях, будут давать более высокое качество и долговечность дорожных покрытий и намного более высокую эффективность, чем зарубежные. Можно сказать, что с помощью БИТРЭК шоссе становится именно тем местом, где шинная резина вновь встречается с резиной автомобильных колес, проявляя свои наилучшие качества и принося дополнительную пользу.

**Документы, регламентирующие применение материалов БИТРЭК:**

1. Технические условия 5718-001-58528024-04 (с изменениями от 05.07.2005 г.) на битумнорезиновые экологически чистые композиционные материалы БИТРЭК, разработанные и утвержденные НПГ «ИНФОТЕХ», согласованые с ГУП "НИИМосстрой".

2. Отраслевой дорожный методический документ «Рекомендации по применению битумнорезиновых композиционных вяжущих материалов для строительства и ремонта покрытий автомобильных дорог» утвержден распоряжением Минтранса России № ОС-421-р от 12.05.2003 г. Рекомендации составлены на основе научно-исследовательских, опытно-производственных работ по внедрению новых вяжущих и асфальтобетонов на их основе, а также по материалам обследования построенных участков.

3. Технические условия «Смеси асфальтобетонные уплотняемые и литые и асфальтобетон на основе вяжущего БИТРЭК», технические рекомендации «Составы смесей асфальтобетонных и асфальтобетон на основе резинобитумного композиционного материала БИТРЭК», Москва, 2002, разработанные и утвержденные ГУП «НИИМосстрой».

4. Технические условия "Смеси резиноасфальтобетонные и резиноасфальтобетоны на основе вяжущих БИТРЭК", утверждены Департаментом ЖКХиБ Правительства Москвы, согласованы Ассоциацией дорожников Москвы, Москва, 2005.

5. Технологический регламент укладки и уплотнения резиноасфальтобетонных смесей на вяжущем БИТРЭК, утвержден Департаментом ЖКХиБ Правительства Москвы, согласован с ГУП "ДОРИНВЕСТ" и ГУП "Кольцевые магистрали", Москва, 2005.

6. "Технические рекомендации по устройству дорожных покрытий из асфальтобетонов с повышенной корозионной и деформационной устойчивостью" ТР 176-05, разработаны ГУП «НИИМосстрой» и НПГ «ИНФОТЕХ», согласованы с ОАО «АБЗ № 1», ОАО «Инждорстрой», Москва, 2006.

7. Дорожный нормативный документ Московской области «Рекомендации по подбору асфальтобетонов на битумнорезиновых композиционных вяжущих для верхних слоев покрытий и слоев износа» Управления автомобильных дорог Московской области «Мосавтодор», Москва, 2004.

8. Технические условия 5775-001-40010445-02 на кровельный и гидроизоляционный резинобитумный материал БИТРЭК-И, разработаны и утверждены НПГ «ИНФОТЕХ», согласованые с ОАО "ЦНИИПромзданий".

9. Санитарно-гигиенический сертификат № 77.01.03.571.П.17164.08.4 от 09.08.2004.

**Контактная информация:**
**ООО Научно-производственная группа "Информация и технологии"**
**129626, г. Москва, ул.Павла Корчагина, д. 8.**
**Тел.: (495) 683-2262, 686-4971, 686-2194, факс: (495) 686-2925.**
**e-mail: bitrack@mail.ru**
**www.bitrack.ru**