



АО «ЭНЕРГОТЕКС»



**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ
им.Н.Н.СЕМЕНОВА РАН**

Модификаторы битумов и асфальтобетонных смесей серии «ПОЛИЭПОР»

2021 г.

МОДИФИКАТОРЫ, получаемые методом высокотемпературного сдвигового измельчения резины изношенных шин в роторных диспергаторах

- ПОЛИЭПОР-РП (АРПП)
- ПОЛИЭПОР-Р (АПДДР)
- ПОЛИЭПОР-А (АПДДР)

ПОЛУЧЕНИЕ РЕЗИНО-ПОЛИМЕРНОГО МОДИФИКАТОРА ПОЛИЭПОР-РП:
Высокотемпературное сдвиговое соизмельчение резины изношенных шин и термоэластопласта в промышленном роторном диспергаторе

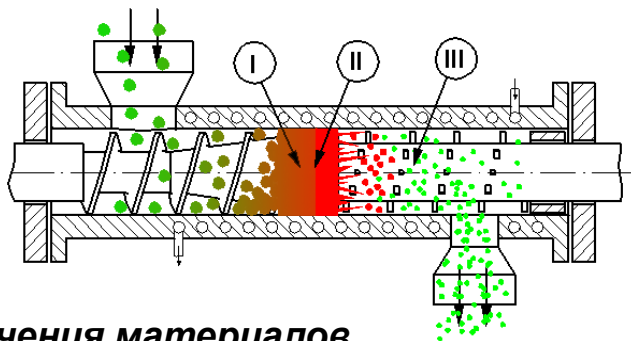
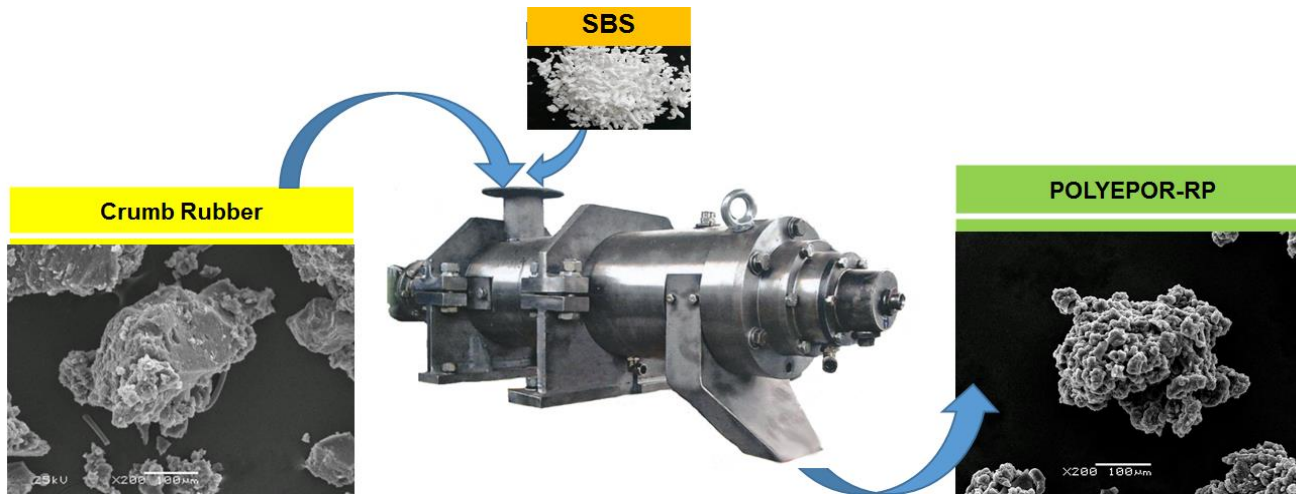
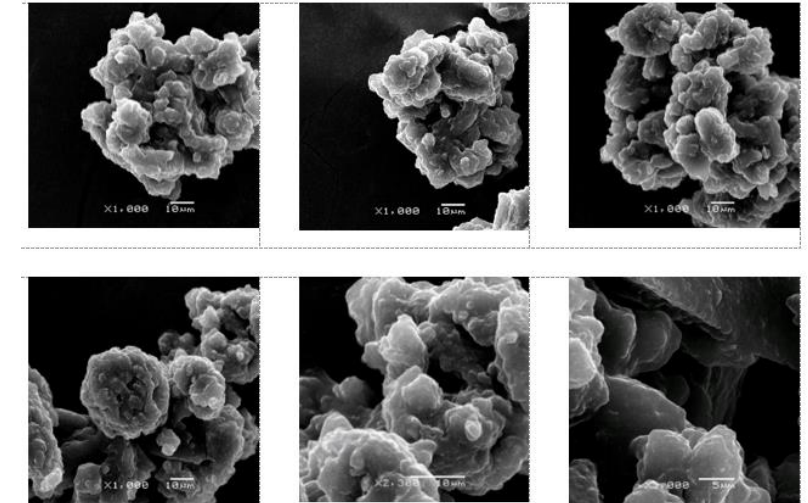


Схема измельчения материалов в Роторном диспергаторе

Типичные изображения АПДДР и АРПП – основных компонентов модификаторов ПОЛИЭПОР-Р и ПОЛИЭПОР-РП

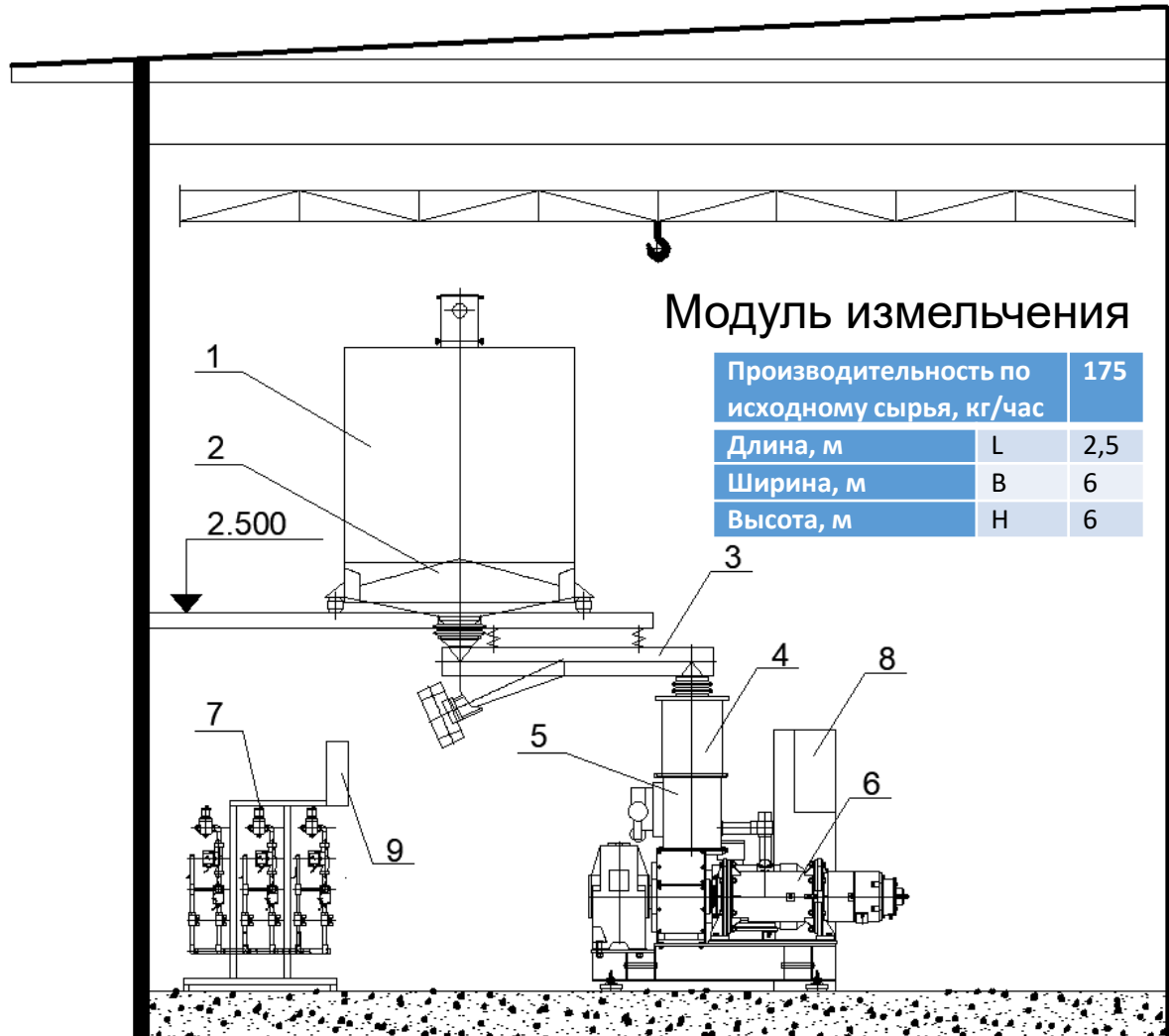


ЛИНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИКАТОРОВ СЕРИИ ПОЛИЭПОР ПО ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СДВИГОВОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В АО «ЭНЕРГОТЕКС»



- 1 - растаривание исходного сырья,
- 2 - участок высокотемпературного сдвигового измельчения;
- 3 - участок фракционирования;
- 4 - затаривание готовой продукции

ПРОИЗВОДСТВО МОДИФИКАТОРОВ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ СЕРИИ «ПОЛИЭПОР»



Основное производство состоит из последовательно расположенных модулей измельчения, которые объединены в единый технологический цикл — **«растарка-измельчение-рассев-фасовка»** системами спиральных транспортеров с гибким шнеком».

При этом каждый модуль измельчения оснащен:

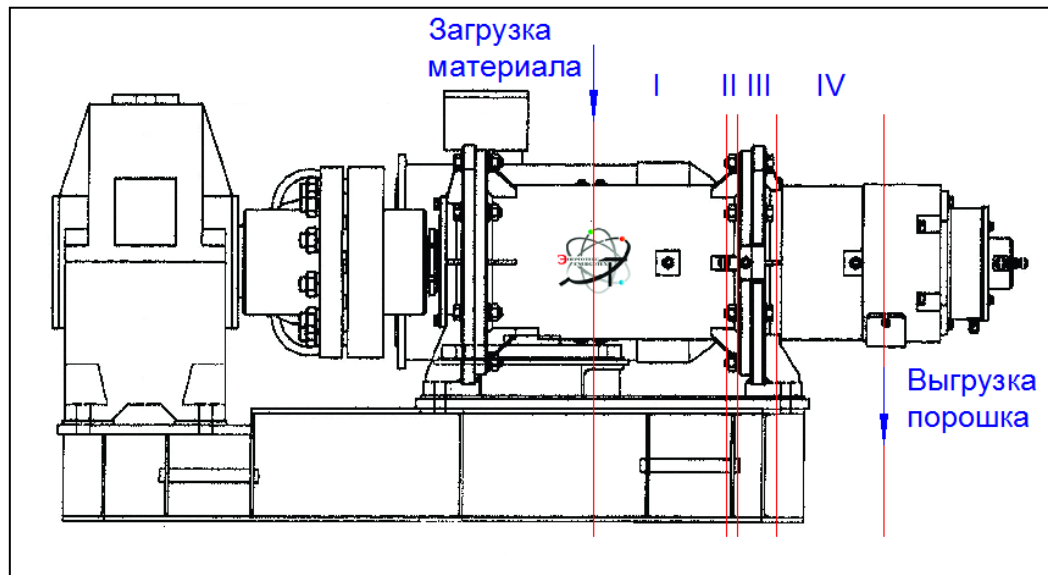
- расходным бункером (1) с виброактиватором (2), исключаящим зависания в нем исходного сырья;
- виброконвейером (3), обеспечивающим равномерную подачу исходного сырья в бункер (4) дозатора;
- объемным дозатором (5) с ворошителем и шнековой подачей исходного сырья в узел измельчения;
- узлом измельчения (6) с трехконтурной системой охлаждения (7), работающей в замкнутом цикле с промышленной холодильной установкой;
- Органами контроля и управления работой, приводами оборудования и исполнительными механизмами, размещенными в силовом блоке (8) и пульте управления системой охлаждения (9).

МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП КОМПОНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ СДВИГОВОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ (ВСИ)

Метод ВСИ:

- разработан в Институте химической физики РАН;
- предназначен для измельчения природных и синтетических полимеров, полимерных композитов и их отходов;
- основан на явлении множественного растрескивания материала и его разрушения на отдельные частицы в условиях интенсивного сжатия и одновременного деформирования сдвигом при оптимально высоких температурах;
- реализован при создании установок высокотемпературного сдвигового измельчения (роторных диспергаторов).



I – Зона постепенного возрастания силового воздействия на материал и роста давления и температуры

II - Зона интенсивного возрастания силового воздействия на материал и роста давления и температуры до предельных значений

III - Зона сброса силового воздействия на материал, резкого охлаждения и образования тонкодисперсного порошка;

IV – Зона охлаждения порошка

ПРОЦЕСС ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТВЕЧАЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Основа получения модификаторов:

- Новая запатентованная конструкция установок измельчения;
- Глубокая научная проработка эффекта взаимодействия битума и модификатора с получением основных критериев к технологическому процессу, обеспечивающему высокое качество продукции;
- Введение понятия «модельного» вяжущего, комплекс исследований которого позволяет прогнозировать эксплуатационные характеристики асфальтобетонов, модифицированных «сухим» способом;
- Стандарты организации на модификаторы ПОЛИЭПОР, являющийся развитием действующего ГОСТ Р 55419-2013 «Материал композиционный на основе активного резинового порошка, модифицирующий асфальтобетонные смеси. Технические требования и методы испытаний». **Особенностью данных СТО является то, в них включены обязательные испытания по введенным в действие в 2019 году ГОСТ Р 58400 на вяжущие по методологии Superpave ;**
- Контроль параметров технологического процесса на всех этапах производства модификатора.

Эффективность применения ПОЛИЭПОР

Сравнительные исследования образцов российских битумов по ГОСТ 2245 и ГОСТ 33133 с диапазоном пенетрации от 60 до 120 (0,1мм) и модельных вяжущих на основе модификаторов серии ПОЛИЭПОР, получаемых методом высокотемпературного сдвигового измельчения шинной резины (соизмельчения с СБС) показали, что оптимальная концентрация модификатора улучшает свойства базового битума во всем температурном диапазоне эксплуатации покрытия и увеличивает устойчивость к пластическим деформациям; к образованию усталостных трещин, к образованию низкотемпературных трещин и динамическому стеклованию при отрицательных температурах.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИКАТОРА «ПОЛИЭПОР»

УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ НА ОСНОВЕ БНД 60/90 И БНД 90/130 ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДИФИКАТОРА ПОЛИЭПОР-Р в сравнении с асфальтобетонами на немодифицированных битумах

Расширение географии применения битума •БНД 90/130 •БНД 60/90	– с I-II ДКЗ до I-IV ДКЗ – со II ДКЗ до II-V ДКЗ
Расширение интервала пластичности вяжущего	– в 1,3 раза
Улучшение сдвигоустойчивости асфальтобетона в диапазоне температур 64...70° С	– в 1,5÷3,2 раза
Уменьшение наклона кривой колееобразования асфальтобетона	– в среднем в 2,5÷4 раза
Улучшение усталостной долговечности асфальтобетона по числу циклов до разрушения	– при деформации 2,5% - в 4,8 -10 раз – при деформации 5% - в 3,6 раза
Увеличение Низкотемпературной трещиностойкости асфальтобетона	– в диапазоне температур -18...-24 °С - в 1,8 раз – в диапазоне температур -8...-14 °С - в 1,5÷1,6 раза
Увеличение устойчивости к воздействию антигололедных реагентов:	– увеличение поверхностной прочности ЩМА-20 с ПОЛИЭПОР-Р (10% к битуму 60/90) после выдержки в реагенте в 1,2 раза

ПОДТВЕРЖДЕНА В АККРЕДИТОВАННЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Строительство пограничного мостового перехода через реку Амур (Хейлунцзян) в районе городов Благовещенск (РФ) и Хэйхэ (КНР)

декабрь 2016 г. начало работ

декабрь 2019 г. окончание работ

1081 м
общая длина моста
через р. Амур

278 м
длина моста через протоку
Кани-Курганская

Мост через протоку Каникурганская



Длина моста: 278 м.
Схема моста: 63+84+52+65 м.
Габарит проезжей части: Г11,5
(2,0+2х3,75+2,0) м.

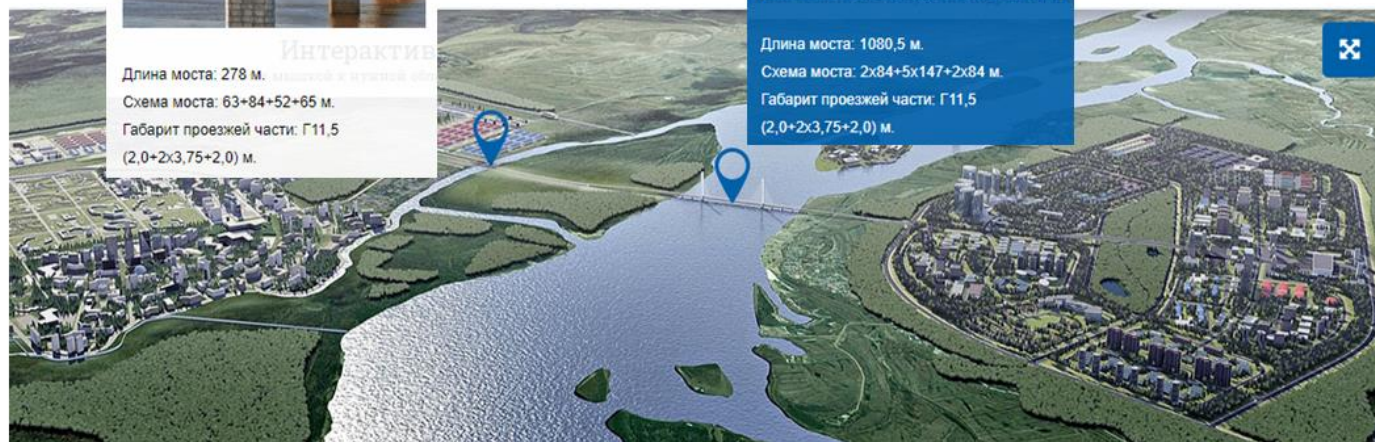
Российская часть

включает в себя:
- подъездную дорогу общей длиной 13 км

Мост через реку Амур



Длина моста: 1080,5 м.
Схема моста: 2х84+5х147+2х84 м.
Габарит проезжей части: Г11,5
(2,0+2х3,75+2,0) м.



УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РПБВ-90 МОКРЫМ СПОСОБОМ
НЕПОСРЕДСТВЕННО НА БИТУМНОМ УЧАСТКЕ АБЗ



УСТРОЙСТВО ЩМА-15 С ПОЛИЭПОР-РП НА МОСТОВОМ ПЕРЕХОДЕ ЧЕРЕЗ Р.АМУР В
Г.БЛАГОВЕЩЕНСКЕ (БЛАГОВЕЩЕНСК-ХЭЙХЭ (КНР))



**Модификатор ПОЛИЭПОР-РП
применен при строительстве
русской части
мостового перехода, включая мосты
через реку Амур и Каникурганскую
протоку**



Автодорожный мост через Амур полностью заасфальтирован!

Оценка эффективности модификации

Оценка эффективности модификации производится путем сравнительных испытаний базового битума и «модельного вяжущего»

Битумы по ГОСТ 22245 и ГОСТ 33133

Битум	Марка	Глубина проникания иглы@ 25°C, 0.1 мм	Температура размягчения по КиШ (R@B), °C	Температура хрупкости по Фраасу (FBR), °C
A	60/90	60	48	-18
B	60/90	73	50	-19
C	60/90	74	49	-22
D	70/100	79	48	-21
E	60/90	80	48	-18
F	70/100	81	48	-21
G	70/100	87	48	-27
H	100/130	110	44	-25
I	90/130	118	44	-19
J	100/130	120	45	-25

Глубина проникания иглы при 25°C: от 60 до 120 (0.1 мм)

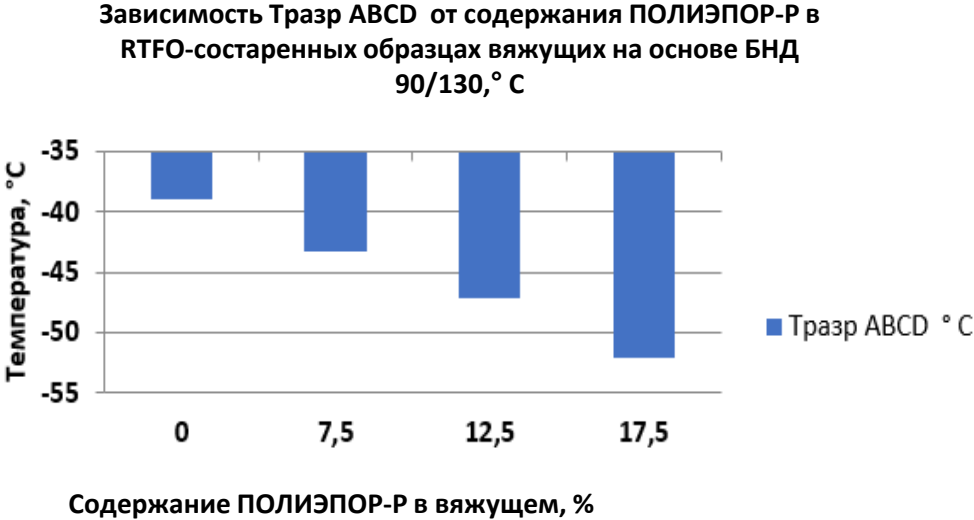
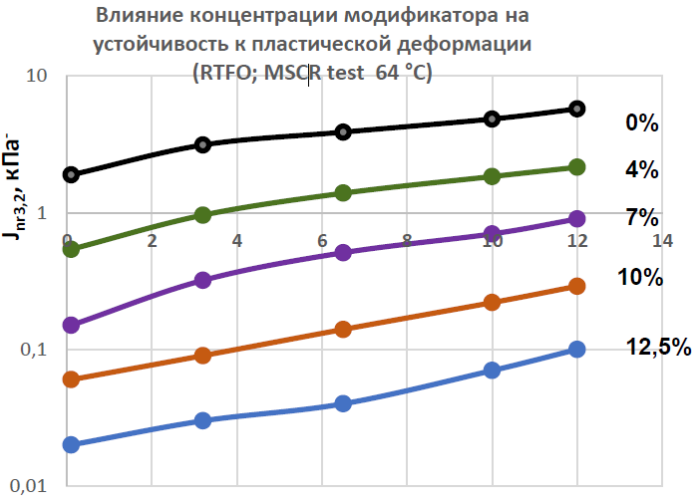
Температура хрупкости по Фраасу:
Группа 1 –18 ÷ –19°C (4)
Группа 2 –21 ÷ –22°C (3)
Группа 3 –25 ÷ –27°C (3)

Базовый битум	+ АПДР (ПОЛИЭПОР-Р)	+ АРПП (ПОЛИЭПОР-РП/5)	+ АРПП (ПОЛИЭПОР-РП/20)
PG 52E-28	PG 64E-34	PG 70E-34	PG 70E-40
PG 46E-28	PG 58E-34	PG 64E-34	PG 64E-40

Контролируемые параметры		
Колея пластичности	Усталостные трещины	Низкотемпературные трещины
<u>DSR 25 mm:</u> • $Jnr_{3,2}$ • Jnr_{10} • $R_{3,2}$	<u>DSR 8 mm:</u> • T_{int} ($G*\sin\delta=5кПа$) • T_{CrLAS}	<u>ABCD</u> • T_{ABCD} <u>DSR 4mm:</u> • $G(60)$; • Устойчивость к динамическому стеклованию

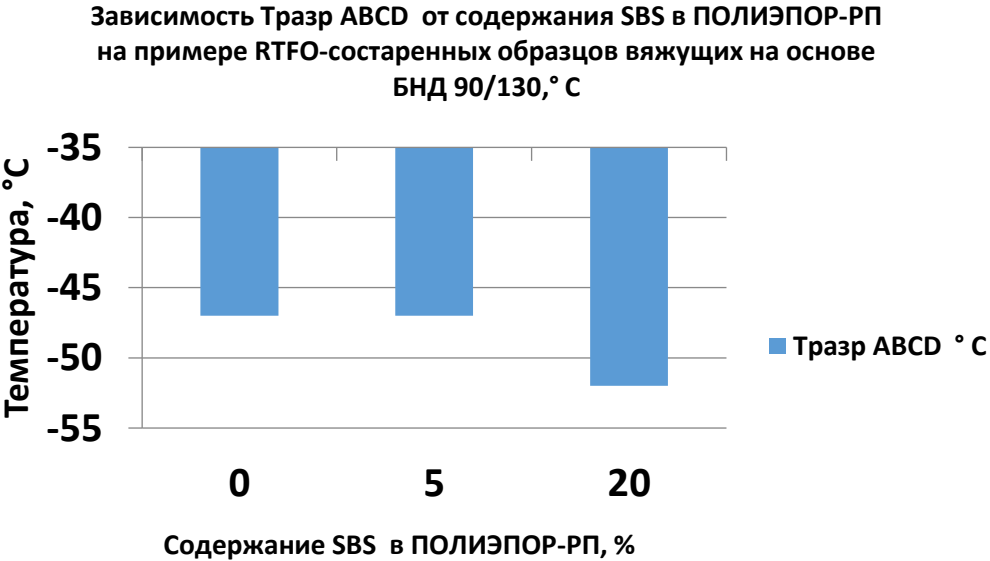
Оптимальная концентрация модификатора обеспечивает улучшение свойств базового битума во всем температурном диапазоне эксплуатации дорожного покрытия

Определение оптимальной концентрации модификатора



Влияние содержания модификатора ПОЛИЭПОР в вяжущем на усталостные свойства

Наименование показателя, единица измерения	Норма для МВ	Битум	Модельное вяжущее МВ (содержание модификатора)		
		БНД 70/100	МВ (7%)	МВ (10%)	МВ (12,5%)
$G^* \cdot \sin \delta_{RTFO} = 5$ МПа, при температуре T_{int} , °C	$T_{int \text{ МВ}} < T_{int \text{ БНД}}$	7,9	10,1	6,1	5,8
$G^* \cdot \sin \delta_{PAV} = 5$ МПа, при температуре T_{int} , °C		11,6	12,9	8,7	8,5
Температура разрушения образца, $T_{CHASRTFO}$, °C	$T_{Cr \text{ МВ}} < T_{Cr \text{ БНД}}$	-8	-2	-11	-14
Температура разрушения образца, $T_{CHASPAV}$, °C		-5	-1	-8	-11



Основные публикации:

- *А.А.Берлин, В.Г.Никольский, И.А.Красоткина, Т.В.Дударева, А.В.Сорокин, В.А.Лобачев, С.И.Дубина, М.Ю.Синкевич.* **Резиновые и резино-полимерные модификаторы асфальтобетонных смесей, получаемые методом высокотемпературного сдвигового измельчения.**

Часть 1. Проблемы оценки эффективности модификаторов, вводимых в асфальтобетонные смеси по «Российской сухой технологии».

Все материалы. Энциклопедический справочник. 2021, № 2, сс. 2-9.

Часть 2. Методология оценки эффективности модификаторов. Все материалы. Энциклопедический справочник. 2021, № 5, сс. 2-11.

Часть 3. Оценка эффективности модификаторов. Все материалы. Энциклопедический справочник. 2021, № 6, сс. 14-23.

- *S.I. Dubina, A.V. Sorokin, V.A. Lobachev, R.M. Dzhaferov, V.A. Kudryavtsev, L.V. Bezshanko, V.G. Nikol'skii, I.A. Krasotkina, T.V. Dudareva.* **Composite Rubber-Polymer Binder in the Design and Construction of Amur Bridge.** Lecture Notes in Civil Engineering, vol.141, pp.119-128, 2021 https://doi.org/10.1007/978-3-030-67654-4_14
 - *V.N. Gorbatova, I.V. Gordeeva, T.V. Dudareva, I.A. Krasotkina, V.G. Nikol'skii, Yu.A. Naumova.* **Rheological Properties of Bitumen with Powder Rubber Modifier Obtained by High-Temperature Shear Grinding.** Lecture Notes in Civil Engineering, vol.150, pp.475-485 2021 https://doi.org/10.1007/978-3-030-72404-7_46
 - *S.I. Dubina, R.M. Dzhaferov, A.N. Yashnov, S.Yu. Polyakov, V.G. Nikolskii, T.V. Dudareva, I.A. Krasotkina.* **Construction of asphalt pavement for orthotropic steel deck bridge.** Lecture Notes in Civil Engineering, vol.150, pp.504-514, 2021 https://doi.org/10.1007/978-3-030-72404-7_49
 - *V.N. Gorbatova, T.V. Dudareva, I.A. Krasotkina, V.G. Nikol'skii, Yu.A. Naumova, V.D.Polonik, D.Yu. Egorov.* **Study of the influence of SBS and APDDR on the low-temperature properties of road bitumen.** Key Engineering Materials ISSN: 1662-9795, Vol.899, pp.50-57, 2021 <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.899.50>
 - **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ** *Сорокин А.В., Лобачев В.А., Никольский В.Г., Красоткина И.А., Дударева Т.В.* **Патент на изобретение RU 2612637**, 09.03.2017. Заявка № 2015131481 от 29.07.2015.
 - **РЕЗИНО-ПОЛИМЕРНО-БИТУМНОЕ ВЯЖУЩЕЕ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ** *Степанов В.Ф., Дубина С.И., Жуков С.Н., Джафаров Р.М., Сорокин А.В., Лобачев В.А., Никольский В.Г., Дударева Т.В., Красоткина И.А., Кудрявцев В.А., Безштанько Л.В.* **Патент на изобретение 2752619** С1, 29.07.2021. Заявка № 2020130918 от 21.09.2020.
-