



Технология Переработки Битумных Отходов Вторичное Использование Кровельных Материалов ЭКОНОМИКА ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

ООО «Технология переработки битумных отходов»
393760, РФ, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Лаврова, дом 21
E-mail: ooo.tpbo@bk.ru, т. +7(977)3263788, +7(4754)55-25-69, t.me/tpbovikm
www.tpbo.pф www.tpbovирпласт.pф лицензия Л020-00113-68/00656970

Применение битумосодержащих кровельных отходов **БСКО** в дорожном строительстве, изготовление асфальтобетонной смеси

- ТУ 28.92.40-001-54903508-2021** ЛИНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БИТУМСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ (КРОВЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ) ПБМ
- ТУ 28.21.13-002-54903508-2021** КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ВИКМ, ДЛЯ РЕМОНТА КРОВЛИ С УСТРОЙСТВОМ МОНОЛИТНОГО ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО КРОВЕЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ ВИР-ПЛАСТ (ГЕСНр 58-30, ФЕРр 58-30)
- ТУ 28.92.40-003-54903508-2021** ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. УСТРОЙСТВО МОНОЛИТНОГО ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО КРОВЕЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ ВИР-ПЛАСТ (в соответствии с ГЕСНр 58-30, ФЕРр 58-30)
- ТУ 38.32.39-004-54903508-2021** БИТУМ ПОРОШКА (85-93%)
- ТУ 38.32.39-005-54903508-2021** СТЕКЛОВОЛОКНО И КАРТОН БИТУМИЗИРОВАННЫЕ
- ТУ 38.32.39-006-54903508-2021** ДОБАВКИ МИНЕРАЛЬНЫЕ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА
- ТУ 28.99.39-007-54903508-2021** ЛИНИЯ ПО ВЫРАБОТКЕ РУЛОННЫХ БИТУМНО-ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
- ТУ 28.29.60-008-54903508-2021** УСТАНОВКА БИТУМОПЛАВИЛЬНАЯ УБП5
- ТУ 38.32.39-009-54903508-2021** ПОРОШОК МИНЕРАЛЬНЫЙ БИТУМ ПОЛИМЕРНЫЙ ПМБП
- ТУ 28.96.10-010-54903508-2022** УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ДВУХВАЛЬНЫЙ ШРЕДЕР УДШ-1000
- ТУ 23.99.12-011-54903508-2023** МАТЕРИАЛ РУЛОННЫЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЙ НАПЛАВЛЯЕМЫЙ БИТУМНО-ПОЛИМЕРНЫЙ ВИРПЛАСТГИДРОСТОП



Крупнейшими Российскими заводами производителями в год выпускается более **470млн.м² мягких кровельных материалов**, что в среднем составляет **1 410 000 тонн** готовой продукции. По истечению срока эксплуатации (10-20 лет, процесс идет ежегодно) пригодные для утилизации и вторичного использования битумосодержащие отходы закапываются на полигонах ТБО. Таким образом, при стоимости одной тонны битума в **32 000** рублей ежегодно в России безвозвратно уничтожается пригодное для вторичного применения сырье на сумму **от 45,12млрд.руб.**

Одним из перспективных направлений экономии природных ресурсов, в частности битума, при одновременном условии обеспечения качества дорожного покрытия является приготовление асфальтобетонных смесей с использованием переработанных битумосодержащих кровельных отходов (БСКО).

Внедрение на государственном уровне новых технических решений и стандартов изготовления асфальтобетонных смесей с использованием БСКО, позволит минимизировать количество не перерабатываемых кровельных отходов, а использование полученного ВМР принесет экономические и экологические выгоды в виде уменьшения расходов на изготовление асфальтобетонных смесей и отсутствие захоронений БСКО:

На 100 км. асфальтобетонного дорожного покрытия (ширина 7м., толщина слоя 10см.) расходуется в среднем 170 000т. асфальта, для производства которого требуется **9 000т. битума.**

На 100км. автодороги требуется 9 000т.битума x 32 000руб. = **288 000 000руб.**

Максимальное количество битумно-полимерной смеси, которая может быть введена взамен битума, зависит от состава асфальтобетона и определяется на месте производства работ.

20% битума (1 800т.) стоит 57 600 000руб.

20% б/п смеси из БСКО стоит 18 000 000руб. (Цена производителя 10 000руб/тонна)

Экономия на 100км. автодороги составит 39 600 000руб.

40% битума (3 600т.) стоит 115 200 000руб.

40% б/п смеси из БСКО стоит 36 000 000руб. (Цена производителя 10 000руб/тонна)

Экономия на 100км. автодороги составит 79 200 000руб.

При наличии линии ПБМ у производителя асфальтобетона, себестоимость 1т битумно-полимерной смеси составит от 4 000руб/т.



В 1993 году Ньюкомб (*Newcomb, D., Stroup-Gardiner, M, Weikle, B. & Drescher, A. (1993). Influence of Roofing Shingles on Asphalt Concrete Mix Properties. St. Paul, MN: Minnesota Department of Transportation.*) и его сотрудники доказали, что введением в состав асфальтобетона смесей из БСКО можно заменить от 25 до 40 % первичного вяжущего. В 2000г. ученые из Невады и Нью-Джерси, обнаружили, что физико-механические показатели асфальтобетона с кровельными отходами и изготовленного с применением битума не отличались друг от друга.

Вторичный битум может использоваться в качестве заменителей первичных материалов, поскольку он имеет те же химические и физические свойства, что и материалы которые он заменяет.

Одним из путей практически полной утилизации битумосодержащих отходов является производство асфальтобетонных смесей с гарантированным высоким качеством в соответствии с ГОСТ9128-97.

На базе Уфимского государственного нефтяного технического университет, кафедра “Автомобильные дороги и технология строительного производства” проведены исследования свойства продуктов переработки битумосодержащих кровельных отходов (БСКО) и предложен способ модификации битума, получающегося из отходов, путем пластификации его прямогонным гудроном. Производство асфальтобетонов на полученном вяжущем позволяет утилизировать кровельные отходы полностью.

В результате механической переработки кровельных отходов получают битумно-полимерную смесь состоящую из битумной крошки и мелкого минерального наполнителя фракцией до 1,5мм., в состав которого входит основа из пропитанной битумом стеклоткани, картона, доломита, песка. Битумно-полимерная смесь после расплавления и модификации будет использоваться полностью в технологии приготовления асфальтобетонных смесей, т. к. в состав смеси, как правило, вводится наполнитель – минеральный порошок. Обычно смесь битума с минеральным порошком называется битумным вяжущим для асфальтобетонов.

Материалы и методы

Определение количества и состава механических примесей в битумном порошке проводилось по методике, приведенной в ГОСТ6370-83. Испытания показали, что механические примеси в битумно-полимерной смеси составляют 10–20 %. Они состоят как из минеральной части – мелкого песка, доломита (наполнитель при изготовлении кровельной смеси для изготовления рулонных гидроизоляционных материалов) так и из органической – бумажных и стеклотканевых волокон, получившихся в результате разрыва стекло/картонной основы материала.

Обработка минеральной составляющей примесей соляной кислотой показала, что в битумном порошке содержится как карбонатный, так и кварцевый песок. Исследуя минеральный гранулометрический состав песка в битумном порошке, получили, что он практически полностью соответствует требованиям ГОСТ Р 52129, предъявляемым к минеральному порошку для асфальтобетона.

Для определения группового состава битума, битумный порошок был расплавлен при температуре 160–180⁰С, и после выдержки при данной температуре расплав был отфильтрован. Полученный «чистый» битум был исследован на хроматографе «Градиент-М» Института нефтехимпереработки РБ. Методика основана на принципах жидкостноадсорбционной хроматографии с градиентным вытеснением и предназначена для определения группового состава тяжелых нефтепродуктов с разделением на семь групп: парафино-нафте-новые углеводороды, легкие, средние, тяжелые ароматические углеводороды, смолы I, смолы II и асфальтены (табл. 1).



Таблица 1
Групповой состав битума из отходов
кровельных ковров

Соединения	Количество, %
1. Парафино-нафтеновые	12.7
2. Легкая ароматика	8.6
3. Средняя ароматика	5.0
4. Тяжелая ароматика	14.9
5. Смолы I	8.5
6. Смолы II	23.3
7. Асфальтены	27.0

Из результатов данного анализа следует, что в полученном битуме присутствуют все основные группы соединений, характерные для битумов. По сравнению с дорожными битумами, во вторичном битуме наблюдается пониженное содержание масел и повышенное содержание асфальтенов и парафино-нафтеновых соединений. Это говорит о том, что такой битум должен быть более твердым и теплостойким, менее пластичным и более склонным к трещинообразованию.

Определение качественных показателей битума проводилось в соответствии с нормативными документами на следующих приборах:

- глубина проникания иглы при 25⁰ С П25 на пенетрометре битумном ПНБ-02;
- температура размягчения – Тр по методу Кольцо–шар на аппарате АКШ-1;
- температура хрупкости – Тхр по методу Фрааса на аппарате для определения хрупкости АТХ-02;
- растяжимость при 25 оС – Р25 на дуктилометре ДА-01-150. Были получены следующие результаты: П25 =12мм; Тр = 95.9 оС ; Тхр = –3 оС; Р25 =2.2 см.

Как и ожидалось, эти показатели не отвечают требованиям ГОСТ 22245 на дорожные битумы.

Вторичный битум для применения в дорожном строительстве непригоден и требуется его модификация. В процессе длительной эксплуатации интенсивно протекает процесс старения битума в силу контакта его с кислородом воздуха, и действием солнечной радиации. Такое термоокислительное воздействие приводит к изменению группового химического состава битума. Вместе с тем, изменяется структура вяжущего в направлении к гелеобразной из за уменьшения растворяющей способности дисперсионной среды. Восстановление первоначальных свойств битума возможно с помощью добавок-пластификаторов комбинированного действия, при котором и групповой состав, и структура нормализуются.

Одним из возможных способов модификации является пластифицирование битума гудроном. Результаты экспериментов по определению качественных показателей вторичного битума, модифицированного различным количеством гудрона, приведены в табл. 2 и на рис. 1 и 2.



Характеристики вторичных битумов, модифицированных гудроном в сопоставлении с требованиями стандартов

Наименование показателей, единицы измерения	Требования ГОСТ			Фактические показатели		
	БНД 40/60	БНД 60/90	БНД 90/130	Исходное вяжущее	Разбавлено гудроном	
					на 40 % мас.	на 50 % мас.
1. Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 25 °С при 0 °С	40–60 не менее 13	61–90 не менее 20	91–130 не менее 28	8 –	54 21	114 27
2. Температура размягчения, °С	не ниже 51	не ниже 47	не ниже 43	104.4	52.6	44
3. Растяжимость, см при 25 °С при 0 °С	45 –	55 3.5	65 4.0	2.2 –	15 3.2	29.2 3.8
4. Температура хрупкости, °С	не выше –12	не выше –15	не выше –17	–3	–19	–21.5
5. Растворимость, %	не менее 99.0	–	–	ниже нормы	–	–

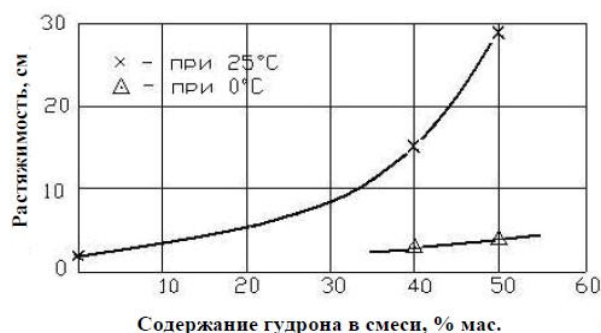


Рис. 1. Изменение показателей вязкости вторичного битума в зависимости от степени разбавления гудроном

Рис. 2. Изменение растяжимости и температуры хрупкости вторичного битума в зависимости от степени разбавления гудроном

При совмещении переработки битумосодержащих отходов и приготовления асфальтобетонных смесей в одном предприятии можно избежать операции очистки битумного порошка от примесей.

Так, при определении количества примесей в битумно-полимерной смеси было обнаружено, что в исследуемой партии содержится примерно 15% примесей, которые состоят из минеральной части (песка) и волокон раздробленной картонной основы (целлюлозы) и стекловолна. Принимаем, в первом приближении, что соотношение песок: целлюлоза равняется 1:1, т.е. в битумно-полимерной смеси содержится по 7.5 % минерального и органического компонента примесей. Разбавление расплавленного битумного порошка также должно



производиться с учетом наличия примесей. В частности, если в битумном вяжущем соотношение битум: гудрон должно быть 1:1, то на одну часть битумно-полимерной смеси необходимо добавить 0.85 частей гудрона. Таким же образом необходимо рассчитать количество вводимого в асфальтобетонную смесь минерального порошка, уменьшив его на величину, содержащуюся в битумном вяжущем.

Были изготовлены две серии образцов мелкозернистого асфальтобетона типа Б марки III. Минеральная часть асфальтобетонных смесей была одинакова. Для первой серии (контрольной) использовался битум БНД90/130 по ГОСТ 22245. Для второй серии (опытной) битумное вяжущее было приготовлено из битумно-полимерной смеси, полученной из отходов кровельных ковров. Составы смесей приведены в табл. 3.

Таблица 3
Состав асфальтобетонных смесей

Материал	Количество, % для смеси	
	Контрольная	Опытная
Щебень, фр. 0–20	75	75
Отсев дробления фр. 0–5	25	24.7
Битум БНД 90/130	6	–
Битумное вяжущее	–	6.5

Кроме того, для улучшения сцепления с песком в опытное вяжущее была введена адгезионная добавка БП-ЗМ в количестве 1%. Испытания асфальтобетонных образцов проведены в отделе лабораторного контроля УДС Минстройтранса РБ в соответствии с ГОСТ 9128-97. Из анализа полученных данных (табл. 4) следует, что асфальтобетон на вяжущем, полученном из битумосодержащих отходов, удовлетворяет требованиям стандарта для асфальтобетона типа Б марки III по показателям водонасыщения, прочности при 20⁰С и при 50⁰С и коэффициенту водостойкости.

Таблица 4
Свойства асфальтобетона на различном вяжущем

Наименование показателя	Ед. изм.	Величина показателей для асфальтобетона на вяжущем		Требования ГОСТ
		стандартном (битум БНД 90/130)	полученном из отходов	
1.Средняя плотность	г/см ³	2.35	2.34	–
2.Водонасыщение	%	3.5	4.0	1.5–4.0
3. Предел прочности на сжатие при: 20 °С при 50 °С	МПа	2.95	5.95	≥2.0
	МПа	0.72	1.38	≥0.9
4. Коэффициент водостойкости		0.97	0.93	≥0.75

Результат:

На основании ранее полученных результатов было сделано заключение о том, что для получения наиболее широко применяемых дорожных битумов марок БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130 необходимо вводить во вторичный битум пластификатор – гудрон в пределах 35–51 % (массовое содержание гудрона в компаунде). В этом случае основные требования ГОСТ на дорожные битумы будут выполняться. Модифицированные битумы характеризуются пониженным показателем «растяжимость при 25⁰С». Однако **эластичные свойства модифицированного битума** изменяются с температурой менее резко, чем у стандартных битумов, и вследствие этого **трещиностойкость их выше**, т.е. ниже температура хрупкости.



При определенном содержании гудрона дорожные битумы, полученные из кровельных отходов, будут иметь следующие показатели (табл. 5).

Таблица 5

Характеристики вторичных битумов, модифицированных гудроном

Получаемая марка битума	Содержание гудрона в смеси, %	Количество гудрона, % (мас. в смеси) для обеспечения стандартных показателей		
		Температура размягчения, °С	Пенетрация, 0.1мм	Температура хрупкости, °С
БНД40/60	35–41.5	53.5–60	41–60	–16.5– –19.5
БНД60/90	41.5–46.5	47–53.5	61–90	–19– –20.5
БНД90/130	46.5–51	43–47	91–128	–20.5– –23

Так как в результате старения битума вследствие окисления образуются продукты кислого характера, то можно ожидать, что пластифицированные вторичные битумы будут обладать пониженной адгезионной способностью к кислым минеральным материалам. Преобладание отрицательно заряженных ионов на поверхности кристаллической решетки минерального материала кислой породы предопределяет плохое сцепление с анионоактивным битумом, поскольку не происходит хемосорбции. При этом уменьшение краевого угла смачивания битумом минеральной поверхности, достаточный нагрев битума для уменьшения поверхностного натяжения и вязкости не обеспечивает хорошее сцепление с минеральным материалом.

Если на основе этой битумно-полимерной смеси приготовить асфальтобетонную смесь, то удалять данные примеси не нужно, так как в смесь все равно добавляется минеральный порошок и нужно лишь учитывать это при расчете количества минерального порошка в составе смеси. Целлюлозные волокна также не будут ухудшать свойства асфальтобетона, а наоборот, будут стабилизировать, за счет дисперсного армирования, консистенцию смеси и предотвращать ее расслаивание.

Таким образом, получаем возможность полной утилизации отходов ремонта мягких кровель и применения свойств битумного вяжущего в комплексе для **разработки состава асфальтобетонных смесей на их основе.**

