УДК 692.4:625.855.3

ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ МЯГКОЙ КРОВЛИ В ЛИТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ

Д-р техн. наук **А.П. Лупанов**
(АО «АБЗ КАПОТНЯ»),
канд. техн. наук **А.С. Суханов**
(ООО «Дорэксперт»),
главный инженер **В.А. Лупанов**
(ОАО «АСДОР»),
канд. техн. наук **В.В. Силкин**,
аспирант **И.О. Козиков**
(Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ))
Конт. информация: dorexpert@yandex.ru

Статья посвящена исследованию влияния отходов мягкой кровли при их использовании на свойства литых асфальтобетонных смесей. Установлено, что введение отходов мягкой кровли в количестве 3,5 % позволило обеспечить получение литого асфальтобетона, отвечающего техническим требованиям. Научная и практическая значимость полученных результатов для дорожной отрасли заключается в обеспечении качества производства литых асфальтобетонных смесей при снижении их стоимости и создании условий для увеличения объемов производства литого асфальтобетона для строительства и ремонта автомобильных дорог.

***Ключевые слова**: литой асфальтобетон, битум, кровельный битум, отходы мягкой кровли, утилизация, экономическая эффективность.*

Производство литых асфальтобетонных смесей неуклонно растет как в России, так и за рубежом. По данным Международной Ассоциации производителей литого асфальтобетона (IMAA) только в Европе ежегодно производится от 800 тыс. до 1 млн тонн литых асфальтобетонных смесей **[1].**

В России в настоящее время свойства литого асфальтобетона нормируются двумя документами: ГОСТ Р 54401-2011 **[2]** и ТУ 5718002-04000633-2006 **[3].** Типы литых смесей и область их применения приведены в **табл. 1.**

Таблица 1

Классификация и область применения литых смесей

Нормативный документ	*Тип смеси*	*Новое строительство*	*Капитальный ремонт*	*Текущий ремонт*	*Тротуары, отмостки вокруг зданий и велосипедные дорожки*
ГОСТ Р 54401–2011	I	+	+	+	-
	II	+	+	+	+
	III	-	-	-	+
ТУ 5718002–04000633-2006	I	+	+	-	-
	II	+	+	-	-
	III	+	+	-	-
	IV	-	-	-	+
	V	-	-	+	-

Показатели физико-механических свойств литых смесей и асфальтобетонов должны соответствовать данным ГОСТ Р 54401-2011, указанным в **табл. 2**.

Литые асфальтобетонные смеси отличаются от обычных горячих смесей повышенным содержанием асфальтового вяжущего вещества и более высокой температурой (210-230 °С) при приготовлении и укладке.

Следует отметить ряд преимуществ литого асфальтобетона: высокую плотность, износостойкость, коррозийную стойкость. Благодаря этим свойствам литой асфальтобетон хорошо воспринимает динамические нагрузки и в последние годы стал незаменимым материалом для покрытий на мостах и путепроводах.

К недостаткам литого асфальтобетона следует отнести низкую стойкость к статическим нагрузкам, высокую себестоимость, а также необходимость применения специальной техники для доставки и укладки смеси (специальных термомиксеров).

Опыт применения литого асфальтобетона в г. Москве показал, что для улучшения его работы под воздействием статических нагрузок необходимо применять более вязкие битумы марки 40/60 или полимерно-битумные вяжущие (ПБВ). Учитывая, что стоимость ПБВ может в полтора раза превышать стоимость битума, а битумы с пенетрацией ниже 60 выпускаются достаточно редко, приходится искать иные способы повышения прочности и снижения себестоимости литого асфальтобетона.

Таблица 2

Требуемые показатели свойств литых асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов

Наименование показателей	***Нормы для типов смесей***		
	I	***II***	***III***
Пористость минерального остова, % по объему, не более	20	22	Не нормируется
Остаточная пористость, % по объему, не более	2	2	Не нормируется
Водонасыщение, % по объему, не более	0,5	0,5	0,5
Температура смеси при производстве, транспортировании, хранении и укладке, 0 °С, не выше	215* 230**	215* 230**	215* 230**
Прочность на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа (факультативно): не менее, не более	2,5 6,5	2,0 6,0	Не нормируется

***Примечание**:* – Максимальная температура смеси при использовании полимерно-битумных вяжущих.*
*** – Максимальная температура смеси при использовании нефтяных дорожных вязких битумов.*

Перспективным направлением экономии битума при одновременном условии обеспечения качества приготовления асфальтобетонных смесей может быть использование переработанной мягкой кровли.

Проблема утилизации отходов мягкой кровли остро стоит в городах России и за рубежом. В США ежегодно остается в отвалах более 11 млн т битумной кровли. В последнее время в ряде штатов проводятся лабораторные и производственные исследования с целью использования материалов из переработанной мягкой кровли для производства горячих асфальтобетонных смесей **[4]**.

В г. Москве количество таких отходов будет увеличиваться в связи с реализацией проектов по реновации старого жилья. Захоронение этих материалов запрещено, а мусоросжигающие заводы не приспособлены для их сжигания.

Мягкая кровля применяется при строительстве зданий и сооружений достаточно давно. Примерно каждые три года мягкая кровля ремонтируется путем розлива битума и укладки новых слоев рулонного материала. За десятки лет на зданиях и сооружениях накопилось огромное количество битума и рулонных материалов. По данным ООО «Экотехстрой» на квадратном метре кровли может находиться порядка 60-80 кг чистого битума. Для обеспечения качественного ремонта мягкой кровли необходимо удалить все накопившиеся за десятилетия слои, иначе вновь уложенный материал не будет служить столько, насколько он рассчитан.

В АО «АБЗ КАПОТНЯ» (г. Москва) были выполнены опытно-экспериментальные работы по оценке влияния отходов мягкой кровли на свойства литых асфальтобетонных смесей. Предварительно кровельные отходы измельчались, размер частиц не превышал 1,25 мм. Для эксперимента была выбрана литая асфальтобетонная смесь Л-IV (по ТУ 5718002-04000633-2006), которая применяется в г. Москве для устройства тротуаров.

На первом этапе работы был подобран базовый состав (контрольная смесь) на традиционных материалах без применения отходов кровли **табл. 3.**

Физико-механические свойства асфальтобетона контрольного состава представлены в **табл. 4.**

На втором этапе работы в составы литых асфальтобетонных смесей добавлялись отходы мягкой кровли в различных соотношениях с заменой части битума на вторичный битум, содержащийся в мягкой кровле.

Введение отходов мягкой кровли в асфальтобетонную смесь осуществлялось через узел подачи асфальтового гранулята, предусмотренный в конструкции асфальтосмесительной установки циклического действия компании «Bernardi» **[5]**. При этом измельченные отходы мягкой кровли предварительно перемешивались с песком в соотношении 1/3 с целью исключения слеживаемости в процессе складирования.

Таблица 3

Контрольный состав смеси Л-IV
без применения отходов мягкой кровли

Наименование материала	*Содержание, %*	*Зерновой состав (проход через сито с отверстием, мм), в % по массе*										
		40	*20*	*15*	*10*	*5*	*2,5*	*1,25*	*0,63*	*0,32*	*0,16*	*0,07*
Песок природный средний	*83,0*	83,0	83,0	83,0	83,0	77,8	70,6	60,6	45,5	18,4	9,7	2,8
Порошок минеральный МП-1	*17,0*	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	16,7	15,7	14,5	120
Всего	*100,0*	100,0	100,0	100,0	100,0	94,8	87,6	77,6	62,2	34,1	24,2	14,7

Примечание: *Содержание битума: 7,4 % (сверх 100 % минеральной части).*

Таблица 4

Физико-механические свойства асфальтобетона контрольного состава

Наименование показателей	*Технические требования*	*Фактические показатели*
Средняя плотность образца асфальтобетона, г/см^3	не нормируется	2,24
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа	не менее 0,7	0,7
Д наибольший, мм	5,0	5,00
Массовая доля асфальтовяжущего вещества, %	17-23	22,15
Соотношение Б/МП	0,40-0,65	0,50
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С и скорости деформирования 50 мм/мин, МПа	2,0-5,5	2,8
Водонасыщение, % по объему	не более 7,0	5,9
Пористость минеральной части, % по объему	не более 22	17,16
Остаточная пористость, % по объему	не нормируется	7,69

Перемешивание отходов мягкой кровли с песком осуществлялось в бетоносмесителе установки **(рис. 1)**.

Рис. 1. Перемешивание отходов мягкой кровли с песком в бетоносмесителе установки

Готовая к использованию смесь показана на **рис. 2.**

Рис. 2. Смесь отходов мягкой кровли с песком

Составы литых асфальтобетонных смесей с отходами мягкой кровли приведены в **табл. 6**. Результаты испытаний представлены в **табл. 7.** Данные по прочностным показателям, пористости и водонасыщению в зависимости от содержания отходов мягкой кровли показаны на **рис. 3-4**.

Таблица 6

Составы литых асфальтобетонных смесей

Применяемые материалы		*Состав №1 (контрольный)*	*Состав №2*	*Состав №3*	*Состав №4*	*Состав №5*	*Состав №6*
Песок природный (в т.ч. песок, содержащийся в смеси с отходами кровли), %		83,00	83,00	83,00	83,00	83,00	83,00
Минеральный порошок, %		17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
Отходы кровли	*Фибра, %*	0,00	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05
	Вторичный битум, %	0,00	1,05	1,40	1,75	2,10	2,45
	Всего, %	0,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50
Битум БНД 60/90, %		7,40	6,35	6,00	5,65	5,30	4,95
Всего битумов в смеси, %		7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40

Таблица 7

Результаты испытаний литых асфальтобетонных смесей

Применяемые материалы	*Технические требования*	*Состав №2*	*Состав №3*	*Состав №4*	*Состав №5*	*Состав №6*
Водонасыщение, %	*не более 7,0*	5,1	3,7	1,9	1,0	0,6
Пористость минеральной части, %	*не более 22,0*	17,16	16,79	16,79	16,05	14,94
Остаточная пористость, %	*не нормируется*	6,16	5,22	4,68	4,18	2,53
Предел прочности при сжатии при 50 %, МПа	*не менее 0,7*	0,8	0,9	1,2	1,4	1,8
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе, МПа	*не менее 2,0; не более 5,5*	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1

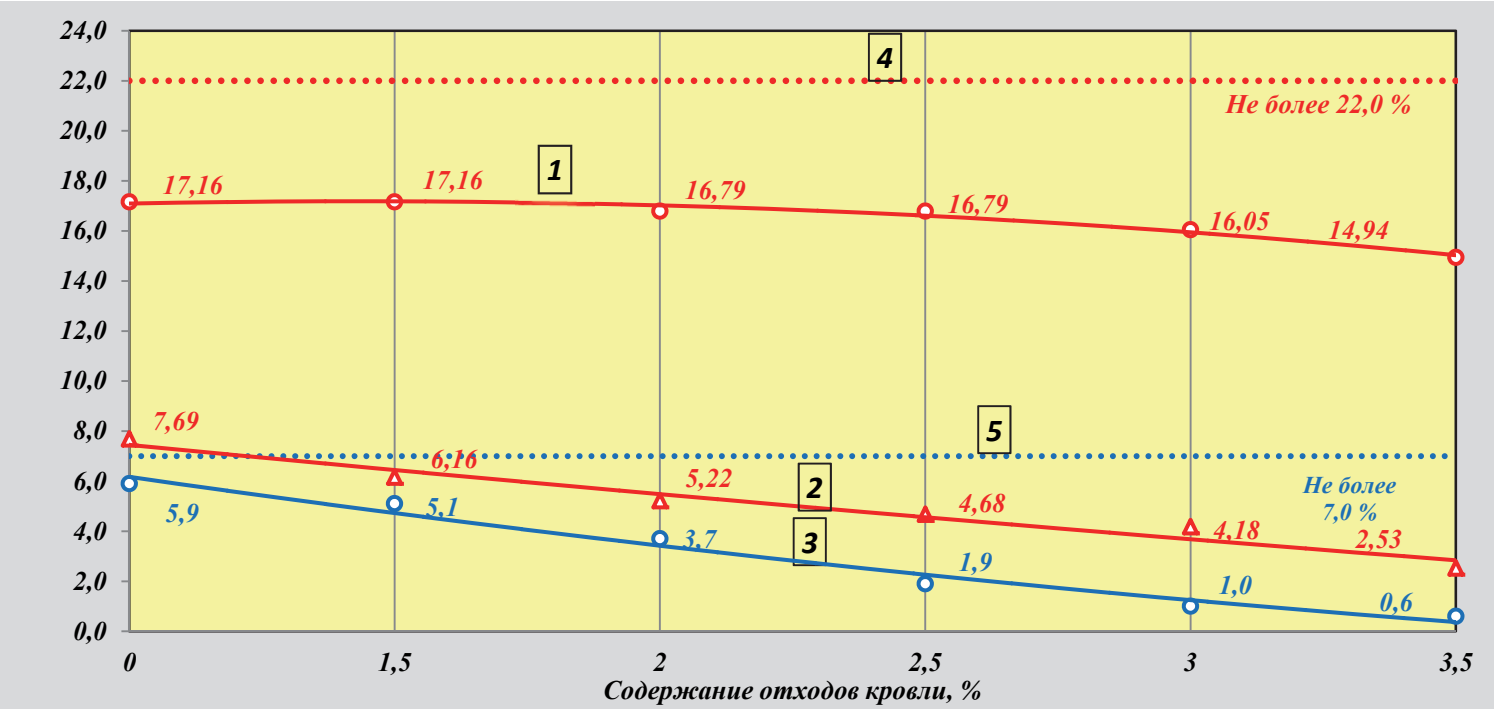

Рис. 3. Зависимость величин пористости и водонасыщения от содержания отходов мягкой кровли:
1 – пористость минеральной части; 2 – остаточная пористость;
3 – водонасыщение; 4 – требования к пористости минеральной части;
5 – требования к водонасыщению

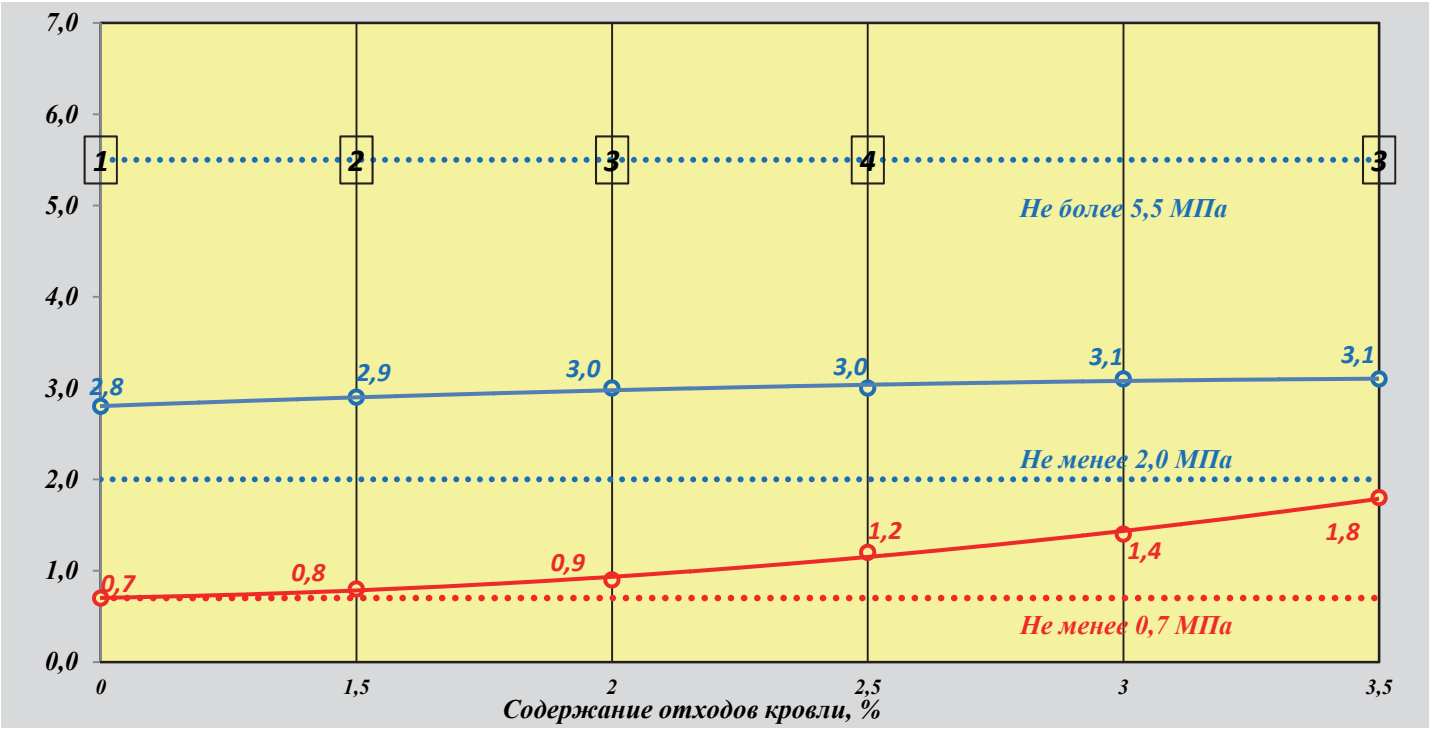

Рис. 4. Прочностные характеристики в зависимости от содержания отходов мягкой кровли:
1 – трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при 0 °С;
2 – предел прочности при сжатии при 50 °С;
3 – требования к трещиностойкости (верхний и нижний пределы);
4 – требования к пределу прочности при сжатии.

Согласно представленным данным, отходы мягкой кровли положительно влияют на характеристики асфальтобетонов из литых асфальтобетонных смесей. Одним из недостатков данного материала является слеживаемость. Отходы мягкой кровли имеют тенденцию слеживаться, образуя агрегаты, которые невозможно разбить в процессе приготовления смеси. Для решения этой проблемы в АО «АБЗ КАПОТНЯ» была предложена технология дезинтеграции отходов кровли путем их предварительного перемешивания с песком в бетоносмесителе установки. При использовании данной технологии удается существенно снизить размер агрегатов и сделать возможным применение данного материала при производстве асфальтобетонных смесей. Недостатком данного метода является высокая влажность полученной смеси, которая подается непосредственно в смеситель. Это накладывает ограничения на количество добавляемых отходов кровли в асфальтобетонную смесь, поскольку избыток влаги приводит к вспениванию битума. Можно рекомендовать добавлять данный материал до 3,5 %. При такой дозировке можно получать литые смеси с улучшенными характеристиками, сведя к минимуму технологические проблемы.

ВЫВОДЫ

1. Установлена возможность применения отходов мягкой кровли в литых асфальтобетонах. Введение измельченных отходов в состав асфальтобетонных смесей в количестве до 3,5 % позволяет получить литой асфальтобетон, отвечающий ТУ 5718002-04000633-2006 без нарушения технических требований.

2. Предложена технология приготовления литых асфальтобетонных смесей с использованием отходов мягкой кровли, предусматривающая предварительное перемешивание отходов с песком в соотношении 1:3 с последующим разогревом и перемешиванием с компонентами асфальтобетонной смеси.

3. Введение в асфальтобетонную смесь 3,5 % отходов мягкой кровли дает экономию нового битума 2,4 %, что составляет около 30 % от массы вяжущего.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *The Mastic Asphalt Industry – A Global Perspective Final version EMAA HSEE Morking Group, November. – 2010 – 29 p.*
2. *ГОСТ Р 54401-2011. Дороги автомобильные общего пользования. Асфальтобетон дорожный литой горячий. Технические требования. – М.: Стандартинформ, 2012 – 20 с.*
3. *ТУ 5718-002-04000633-2006. Смеси асфальтобетонные литые и литой асфальтобетон. Технические условия. – ГУП «НИИ Мосстрой», 2007 – 20 с.*
4. *BooHyun Nam. Mechanical characterization of asphalt tear-off roofing shingles in Hot Mix Asphalt / Nam BooHyun, Hamid Maherinia, Amir H. Behzadan // Construction and Building Materials. – 2014. – Vol.5. – PP. 308-316.*
5. *Лупанов А.П. Ресурсосберегающие технологии на предприятиях дорожного хозяйства: монография / А.П. Лупанов, В.В. Силкин. В.В. Рудаков [и др.]. – М.: Издательство АСВ, 2016. – 256 с.*

L I T E R A T U R A

1. *The Mastic Asphalt Industry – A Global Perspective Final version EMAA HSEE Morking Group, November. – 2010 – 29 p.*
2. *GOST R 54401-2011. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Asfal'tobeton dorozhnyj litoj goryachij. Tekhnicheskie trebovaniya. – M.: Standartinform, 2012 – 20 s.*
3. *TU 5718-002-04000633-2006. Smesi asfal'tobetonnye litye i litoj asfal'tobeton. Tekhnicheskie usloviya. – GUP «NII Mosstroj», 2007 – 20 s.*
4. *BooHyun Nam. Mechanical characterization of asphalt tear-off roofing shingles in Hot Mix Asphalt / Nam BooHyun, Hamid Maherinia, Amir H. Behzadan // Construction and Building Materials. – 2014. – Vol.5. – PP. 308-316.*
5. *Lupanov A.P. Resursosberegayushchie tekhnologii na predpriyatiyah dorozhnogo hozyajstva: monografiya / A.P. Lupanov, V.V. Silkin, V.V. Rudakov [i dr.]. – M.: Izdatel'stvo ASV, 2016. – 256 s.*

USE OF SOFT ROOF WASTES IN MASTIC ASPHALT MIXTURES

Doctor of Engineering ***A.P. Lupanov***
(AO «ABZ KAPOTNIA»),
Ph. D. (Tech.) ***A.S. Sukhanov***
(OOO «Dorekspert»),
Engineer ***V.A. Lupanov***
(OAO «ASDOR»),
Ph. D. (Tech.) ***V.V. Silkin****,*
Ph. D. (Tech.) ***I.O. Kozikov***
(Moscow Automobile and Road Construction
State Technical University (MADI))
Contact information: dorexpert@yandex.ru

The article is devoted to the study of the influence of soft roof wastes when used on the properties of mastic asphalt mixtures. It is revealed that the introduction of soft roof wastes in the amount of 3.5 % allowed obtaining mastic asphalt that meets the technical requirements. The scientific and practical significance of the results for the road industry is to ensure production quality of mastic asphalt mixes while reducing their cost and creating conditions for increasing production of mastic asphalt for road construction and repair.

Key words: *mastic asphalt, bitumen, roofing bitumen, soft roof wastes, utilization, economic efficiency.*

Рецензент: канд. техн. наук Л.А. Горелышева (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 06.03.2019 г.