

Использование дробленой резиновой крошки при прокладке асфальтовых дорог

Д.В. Яхонова, Н.В. Ляшенко, А.В. Вяльцев

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск

Аннотация: Захоронение отработанных автопокрышек на полигоне ТБО является крайне неэффективным способом их утилизации, влекущим за собой увеличение площади мусорных полигонов и рост негативного воздействия на окружающую среду. Наименее финансово- и трудозатратным способом переработки автомобильных покрышек является измельчение на фракционную крошку. В статье предлагается ее использование в качестве связующего вещества при прокладке автомобильных дорог. Проведены исследования показателей, влияющих на эксплуатационные параметры асфальтового покрытия при различных значениях массы резиновой крошки в сравнении с чистой пробой и определена оптимальная масса добавляемой крошки.

Ключевые слова: резиновая крошка, покрышки, асфальтовая смесь, оптимальная масса.

К наиболее распространенным видам резиносодержащих отходов в настоящее время относятся отработанные автомобильные покрышки. Это обусловлено ежегодным приростом автомобильного парка и потребностью в периодической замене автошин при эксплуатации транспортного средства [1].

В России утилизируется менее 20% отработанных автопокрышек [2]. При этом основным способом утилизации отработанных шин остается их захоронение на полигоне [3].

Глубокая переработка автомобильных шин позволит остановить рост площади мусорных полигонов, снизив негативную нагрузку на окружающую среду, и сохранить продукцию нефтепереработки, так как шины более чем на 65% сделаны из синтетического каучука. Выбор метода переработки должен основываться на показателях эколого-экономической эффективности.

На данный момент наименее финансово- и трудозатратным способом переработки автомобильных покрышек является измельчение на фракционную крошку с образованием порядка 700 кг измельченной крошки из 1 тонны шин.

Изношенные резиновые шины практически сохраняют структуру и свойства нового продукта, так как в их состав входит достаточно большое содержание ингибитора, который замедляет процесс окисления исходного материала, что позволяет резине долгое время сохранять свои первоначальные свойства.

За основу нами взята технология получения резиновой крошки, состоящая из следующих этапов [4]:

- извлечение металла и текстиля из покрышек;
- разрезание шин на части;
- дробление кусков шин с помощью шредера;
- сортировка полученной крошки на ситах.

Нами предлагается использовать для измельчения шредерную машину с дисперсностью 3 мм, что позволит сократить расходы на сортировку и дополнительное измельчение покрышки. Полученную таким образом дробленую крошку применили как связующий компонент в составе битума при закладке асфальта горячим методом [5, 6].

Для равномерного смешивания с асфальтовой смесью, резиновую крошку вводили порционно в нагретый битум температурой 200°C с постепенным подъемом температуры, далее резину плавил до превращения в органическое связующее [7]. После того, как модификатор образует однородную массу с битумом, полученный раствор можно использовать для укладки дорожного покрытия.

С целью определения оптимальной массы расходуемой крошки для укладки асфальта нами были проведены исследования асфальтовых параллелепипедов размером 15x15x5 см [8]. В качестве нулевой пробы был принят образец чистого асфальта, без примеси крошки. Далее мы добавляли резиновую крошку в определенном процентном соотношении.

Масса резиновой крошки для получения исследуемых образцов асфальтовой смеси определялась через пропорцию по формуле (1):

$$\frac{M_{ac}}{M_{кр}} = \frac{100}{x}, \quad (1)$$

где $M_{кр}$ – масса резиновой крошки, кг; x – процентное количество добавляемой резиновой крошки, %; M_{ac} – масса асфальта, кг, определяемая по формуле (2):

$$M_{ac} = \rho \cdot (L \cdot B \cdot H), \quad (2)$$

где M_{ac} – масса асфальта, кг; ρ – плотность асфальта принимается в диапазоне 1300-1700 кг/м³, принимаем 1500 кг/м³=0,0015 кг/см³; L – длина, см; B – ширина, см; H – высота, см (минимальный слой асфальтного покрытия составляет 5 см). Отсюда по формуле (2):

$$M = 0,015 \cdot (15 \cdot 15 \cdot 5) = 1,6875 \approx 1,70 \text{ кг}.$$

Результаты расчета массы резиновой крошки сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Расчет массы резиновой крошки

№	M_{ac} , кг	100, %	x , %	$M_{кр}$, кг	$M_{ac} + M_{кр}$ кг
1	1,7	100	10	0,17	1,87
2	1,7	100	15	0,30	1,955
3	1,7	100	20	0,51	2,04
4	1,7	100	25	0,68	2,125
5	1,7	100	30	0,85	2,89

Далее исследовали эксплуатационные показатели нулевого и полученных образцов. Результаты исследований приведены в таблице 2 (показатели нулевого образца приняты за 100 %).

Результаты испытаний показали, что оптимальное значение удельной массы добавляемой резиновой крошки составляет 15-20%. С увеличением удельной массы резиновой крошки снижаются следующие показатели асфальта: износостойкость, трещиностойкость, шероховатость и

удобоукладываемость. Также увеличение пропорции внесения резиновой крошки приводит к неравномерному ее смешиванию с битумом.

Таблица 2

Сравнительная характеристика эксплуатационных показателей образцов относительно нулевого образца, %

№	Показатели	Асфальтная смесь без крошки (нулевой образец)	Процент добавляемой крошки, %				
			10	15	20	25	30
1	Прочность	100,0	100,0	103,7	103,2	98,2	97,9
2	Водопроницаемость	100,0	99,7	98,7	97,9	97,2	96,5
3	Износостойкость	100,0	100,7	101,5	101,3	99,8	98,7
4	Морозостойкость	100,0	99,7	98,4	97,8	96,5	95,8
5	Трещиностойкость	100,0	100,0	100,7	101,1	99,4	97,3
6	Шероховатость	100,0	99,5	98,8	97,2	96,7	94,8
7	Удобоукладываемость (подвижность, тягучесть)	100,0	100,0	101,3	100,7	99,7	97,1

Предлагаемую технологию приготовления асфальтовой смеси не целесообразно применять в северных районах, так как большое количество осадков и низкие температуры оказывают влияние на деформацию резины (набухание, замерзание) в составе асфальтовой смеси [9, 10].

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что при добавлении оптимальной массы 10-20% резиновой крошки от массы асфальта достигается:

- увеличение износостойкости и продление срока эксплуатации асфальтового покрытия за счет долгого разложения резины;
- снижение уровня шума и вибрации при эксплуатации модифицированного покрытия за счет уменьшения шероховатости;
- уменьшение водопроницаемости, что предотвращает разрушение дорожного покрытия;

- улучшение удобоукладываемости, что уменьшает время укладки асфальта;

- снижение негативного влияния на окружающую среду за счет сокращения объема резиновых шин, подлежащего захоронению на полигоне.

Таким образом, изготовление асфальтобетонной смеси с применением измельченной резиновой крошки позволит повысить срок эксплуатации асфальтового покрытия дороги и достичь положительного экологического эффекта.

Литература

1. Никитина А.А. Современное состояние и перспективы развития автотранспорта В России // Современные материалы, техника и технологии. 2015. № 2. С. 138-143.

2. Вагапова А.Х., Колчанова К.А. Перспективы использования переработанных отходов в дорожном строительстве // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2022. С. 142-144.

3. Духовный Г.С., Сачкова А.В. Эффективность применения резинобитумного вяжущего при устройстве асфальтобетонных покрытий // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 2. С. 19-23.

4. Селицкая Н.В., Лашин М.В., Решетко А.А., Титов Е.А. Технология получения вулканизированной резиновой крошки в процессе переработки автомобильных покрышек // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ Им. В.Г. Шухова. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2018. С. 2498-2502.

5. Иванов С.А., Шабаев С.Н., Тюрюханов К.Ю. Утилизация резиновой крошки путем производства модифицированного битума // Инженерный вестник Дона, 2022, №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2022/7884

6. Гуреев А.А., Тюкилина П.М., Нгуен Тхи Тхань Иен Разработка технологии производства резиносодержащих дорожных вяжущих // Ассоциация исследователей асфальтобетона. М.: Общество с ограниченной ответственностью "Техполиграфцентр" , 2019. С. 33-38.

7. Котляревский А.А., Незамаева И.В. Асфальтобетонные смеси на основе модифицированного битумного вяжущего // Инженерный вестник Дона, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4192

8. Синкин Е.В., Лебедев С.А., Торгаев И.Д., Зварыч Е.Б. Строительство дорожного полотна с использованием резиновой дробленой крошки от переработки автомобильных покрышек // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2019. С. 328-331.

9. Duan Kaixi, Wang Chaohui, Liu Jikang, Song Liang, Chen Qian, Chen Yuanzhao. Research progress and performance evaluation of crumb-rubber-modified asphalts and their mixtures // Construction and Building Materials. 2022. № 361. P. 129687.

10. Zhang Xuanrui, Wang Xiaofeng, Wan Chenguang, Yang Bo, Tang Zhuo, Li Wengui. Performance evaluation of asphalt binder and mixture modified by pre-treated crumb rubber // Construction and Building Materials. 2023. № 362. P. 129777.

References.

1. Nikitina A.A. Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii. 2015. No 2. pp. 138-143.

2. Vagarova A.KH., Kolchanova K.A. Aktual'nye problemy stroitel'stva, ZHKKH i tekhnosfernoi bezopasnosti. Volgograd: Volgogradskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2022. pp. 142-144.
3. Dukhovnyi G.S., Sachkova A.V. Nauchnyi vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2014. No 2. pp. 19-23.
4. Selitskaia N.V., Lashin M.V., Reshetko A.A., Titov E.A. Mezhdunarodnaia nauchno-tekhnicheskaiia konferentsiia molodykh uchenykh BGTU Im. V.G. SHukhova. Belgorod: Belgorodskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet im. V.G. SHukhova. 2018. pp. 2498-2502.
5. Ivanov S.A., SHabaev S.N., Tiuriukhanov K.IU. Inzhenernyi vestnik Dona, 2022, № 9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2022/7884
6. Gureev A.A., Tiukilina P.M., Nguen Tkhi Tkhan' Ien Assotsiatsiia issledovatelei asfal'tobetona. M: Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennost'iu "Tekhpoligrafsentr" , 2019. pp. 33-38.
7. Kotliarevskii A.A., Nezamaeva I.V. Inzhenernyi vestnik Dona, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4192
8. Sinkin E.V., Lebedev S.A., Torgaev I.D., Zvarych E.B. Innovatsii v informatsionnykh tekhnologiiakh, mashinostroenii i avtotransporte. Kemerovo: Kuzbasskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet imeni T.F. Gorbacheva, 2019. PP. 328-331.
9. Duan Kaixi, Wang Chaohui, Liu Jikang, Song Liang, Chen Qian, Chen Yuanzhao. Construction and Building Materials. 2022. № 361. P. 129687.
10. Zhang Xuanrui, Wang Xiaofeng, Wan Chenguang, Yang Bo, Tang Zhuo, Li Wengui. Construction and Building Materials. 2023. № 362. P. 129777.