

ХОЛОДНАЯ ПЕРЕРАБОТКА СТАРОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

Производство горячих асфальтобетонных смесей с добавлением старого асфальтобетона сопровождается выделением опасных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу. Перспективной технологией переработки старого асфальтобетона является холодная регенерация, в большей степени обеспечивающая экологическую безопасность.

Исследования в области холодной переработки старого асфальтобетона отражены в трудах А.М. Алиева, Г.С. Бахрака, Н.А. Гарнаева, С.Ф. Филатова, В.П. Магуа, Г.К. Сюньи и других. Опыт восстановления асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холод-

ной регенерации (ХР) обобщен в нормативных документах.

Одной из основных технологических операций холодной переработки старого асфальтобетона является снятие и размельчение слоев существующей дорожной одежды. Эти операции обычно

производят с помощью холодных фрез, которые разрушают дорожное покрытие без подогрева.

В настоящее время выпускается большое количество типов машин для фрезерования дорожных покрытий. В России для холодного фрезерования наибольшее распространение имеют фрезы компании Wirtgen Group (рис. 1).

В мировой практике для холодного фрезерования дорожных покрытий широко используются фрезы компании Roadtec (рис. 2).



Рис. 1. Холодная дорожная фреза Double 200F компании Wirtgen Group



Рис. 2. Холодная фреза RX-600e компании Roadtec (США)

Переработка и корректировка состава асфальтового гранулята производится непосредственно на дороге (ХР) или на АБЗ в установке (ХРУ).

Способ ХР смешением на месте (ХРМ) предусматривает выполнение всех технологических операций ХР комплектом специализированных машин. Способ ХР смешением в установке (ХРУ) предусматривает смешение фрезерованного материала на стационарном АБЗ или в притрассовой установке.

Холодная переработка старого асфальтобетона на заводе или в установке заключается в размельчении гранул старого асфальтобетона, его смешивании с каменными материалами, битумной эмульсией, вспененным битумом или цементом в стационарных или мобильных установках. Как правило, этот способ используется при строительстве покрытий автомобильных дорог низких категорий, а также для устройства слоев оснований дорожной одежды при капитальном ремонте или реконструкции.

К основным преимуществам холодной регенерации в установках

в сравнении с ресайклингом на дороге следует отнести:

- более тщательный контроль качества материалов, входящих в состав старого асфальтобетона;
- возможность получения смеси в соответствии с определенными требованиями при смешивании различных каменных и вяжущих материалов и их точном дозировании;
- проверку качества готовой смеси и возможность варьирования доли соответствующих фракций;
- обеспечение однородности смеси за счет лучшего перемешивания компонентов в асфальтосмесительных установках.

Снятие старого покрытия холодным фрезерованием производят с помощью холодных фрез. В результате фрезерования образуется асфальтовый гранулят (АГ).

После фрезерования АГ перевозится на строительную площадку, где образцы старого асфальтобетона подвергаются экстрагированию для определения количества битума, минеральных составляющих и гранулометрического состава.

Эффективность повторного использования асфальтобетона во многом определяется выбором рационального способа его дробления, являющегося одним из основных технологических этапов процесса переработки исходного материала.

Дробление агрегатов асфальтового гранулята позволяет более эффективно использовать исходные компоненты, повысить однородность смеси за счет отдельного дозирования фракций, обеспечить возможность регулирования свойств вяжущего, утраченных в процессе эксплуатации.

Проведенный анализ показал, что достаточно эффективным для крупного дробления материала является ударный способ.

На «АБЗ Капотня» на первом этапе освоения технологии дроб-



Рис. 3. Грануляторы компании Benninghoven: Варианты исполнения: а) мобильный; б) стационарный

ления использовалась дробильно-сортировочная установка компании Ammann (Швейцария-Германия). Опыт использования этого оборудования показал, что после дробления и отсева неоднородность по содержанию мелких фракций и битума заметно снижается.

При переходе в область более тонкого измельчения эффективность ударного способа снижается из-за масштабного упрочнения частиц. Поэтому при тонком измельчении наиболее эффективным является сочетание различных типов силового воздействия, таких как удар, скалывание и износ. Совокупное воздействие этих напряжений приводит к внутренним и поверхностным разрушениям. К измельчителям, в которых предельные напряжения создаются путем совокупного воздействия, относятся вибрационные, роторные и электромагнитные мельницы.

В настоящее время в ООО «АБЗ Капотня» используется дробильный асфальтобетон фракций 0–5 и 5–15 мм, получаемый в грануляторе компании Benninghoven (Германия).

Добавление измельченного гранулята в количестве до 30% совместно с добавками, улучшающими свойства битума, обеспечивает требуемые свойства асфальтобетона.

Грануляторы компании Benninghoven выпускаются в мобильном и стационарном исполнении (рис. 3).

Преимущества применения гранулятора компании Benninghoven:

- высокая производительность (90–200 т/ч);
- обеспечение требуемого гранулометрического состава;
- 100-процентное использование перерабатываемого материала;
- снижение количества мелкой фракции и пыли;

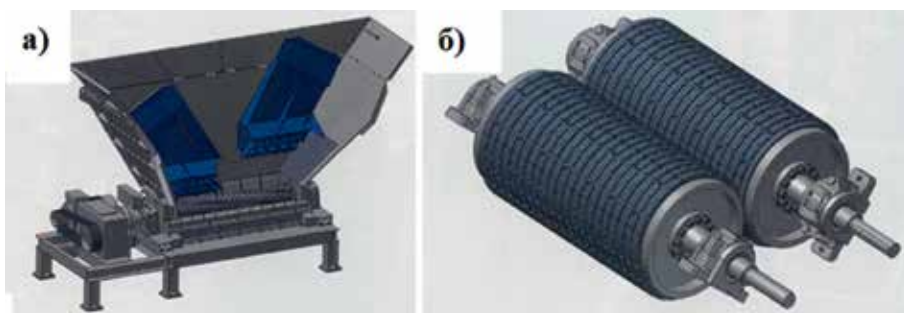


Рис. 4. Рабочие органы гранулятора компании Benninghoven (Германия):
 а) фрезерный вал (первичное дробление);
 б) валковая дробилка (вторичное дробление)



Рис. 5. Асфальтовый гранулят после дробления в грануляторе компании Benninghoven



Рис. 6. Мобильная установка Pro-Sizer 2612V компании Astec Mobile Screens для дробления асфальтового гранулята



Рис. 7. Сортировочный комплекс PSL компании NFLG (Китай)

- исключение разрушения заполнителя;
- уменьшение налипания;
- удаление металлических включений.

Принцип работы гранулятора заключается в следующем: исходный материал подается сначала в приемный бункер с фрезерным барабаном (рис. 4а).

Полученный материал через подъемный транспортер поступает на грохот. Предварительно все металлические включения отделяются от основного материала с помощью магнитного сепаратора. После разделения на фракции следует дробление посредством валковой дробилки вторичного дробления (рис. 4б). Данный узел обеспечивает получение требуемой фракции благодаря системе регулирования зазора между валами.

Асфальтовый гранулят после измельчения в грануляторе компании Benninghoven, приготовленный для подачи в асфальтосмесительную установку, показан на рис. 5.

Для дробления старого асфальтобетона могут использоваться грануляторы и комплексы других компаний: Astec (США), NFLG (Китай) и другие.

Мобильная установка Pro-Sizer 2612V компании Astec Mobile Screens (рис. 6) – решение для переработки гранулята, совмещающее в себе ударную дробилку с горизонтальным валом и крутонаклонный высокочастотный грохот, работающие в замкнутом цикле. Высокочастотный грохот эффективно справляется с разгрохоткой такого липкого материала, как асфальтовый гранулят. В зависимости от размера и типа асфальтового гранулята производитель имеет возможность с легкостью добиваться максимального КПД с помощью гидравлической системы угла наклона грохота и поворотной системы натяжения сит. При этом путем регулировки скорости вращения ротора можно добиться качественного расщепления асфальтового гранулята на

мелкие фракции с минимальным дроблением камня.

Компанией NFLG (Китай) поставляется сортировочный комплекс серии PSL для сортировки и дробления асфальтового гранулята производительностью до 120 т/ч (рис. 7).

Установки серии PSL могут быть выполнены как в стационарном, так и в мобильном исполнении. Сортировочный комплекс состоит из питателя, системы ленточных конвейеров для транспортировки материала, вибрационных грохотов и роторной дробилки. В зависимости от модели грохота, входящего в состав установки, сортировочные комплексы позволяют выпускать готовый материал следующих размеров: 0–5, 5–10, 10–20 и более 20 мм. Система ленточных конвейеров служит связующим элементом, который подает и перемещает материал в процессе работы установки. Лента конвейеров, а также протекторные вставки приводных барабанов изготовлены из материала повышенной износостойкости Nepal Cashmere, рассчитанные на работу в трудных условиях эксплуатации при экстремальных температурах и больших нагрузках. Для предварительной сортировки комплекс оснащен грохотом негабарита. При попадании каменного материала в негабарит происходит его пересыпка в роторную дробилку для дальнейшего дробления.

Комплекс включает грохот с круговым типом вибрации, оборудованный двумя вибраторами OLI (Италия). В зависимости от модели грохота, комплекс может быть дополнительно оснащен высокочастотным вибрационным грохотом для разделения материала на фракции 0–5 и 5–10 мм.

На высокочастотном грохоте установлено шесть вибраторов фирмы OLI (Италия), оснащенных системой натяжения сит для исключения их провисания и быстрой замены.

В настоящее время зарубежные производители оборудования для



Рис. 8. Установка Wirtgen KMA 220

приготовления асфальтобетонных смесей предлагают упрощенные мобильные асфальтосмесительные установки для переработки старого асфальтобетона, а также установки контейнерного типа, которые могут быть расположены в непосредственной близости к объекту, где выполняются большие объемы по фрезерованию покрытия.

Мобильные смесительные установки легко перемещаются на новое место дислокации. Они наиболее эффективны в малонаселенных пунктах, далеких от стационарных АБЗ. В большей степени используются установки непрерывного действия производительностью 50–150 т/ч.

Технология холодной регенерации в установке реализована в России компанией «Автобан». В данном случае применялась мобильная смесительная установка KMA-200 компании Wirtgen (Германия). Установка смонтирована на низкорамном прицепе и оборудована собственным силовым агрегатом. Она состоит из бункера для приема каменных материалов, насосной и распределительной

систем (для подачи воды, битумной эмульсии и вспененного битума), двухвального смесителя принудительного действия. При использовании KMA-200 может применяться фрезерованный материал или иной материал, полученный из старой дорожной одежды с добавлением цемента, вспененного битума или битумной эмульсии.

В последнее время компанией Wirtgen разработана новая асфальтосмесительная установка для производства холодных смесей KMA 220 (рис. 8). По сравнению с предыдущей моделью KMA 200 новая модель имеет на 10% большую производительность – 220 т/ч. Собственный силовой блок делает KMA 220 независимым от внешних источников энергии. Вся установка размещается на одном полуприцепе, который буксируется стандартным тягачом.

Компания NFLG предоставляет современное оборудование в области холодного ресайклинга – установки серии C-Cold производительностью от 16 до 96 т/ч (рис. 9).



Рис. 9. Установка холодного ресайклинга серии C-Cold компании NFLG (Китай) (добавление до 45% асфальтового гранулята)

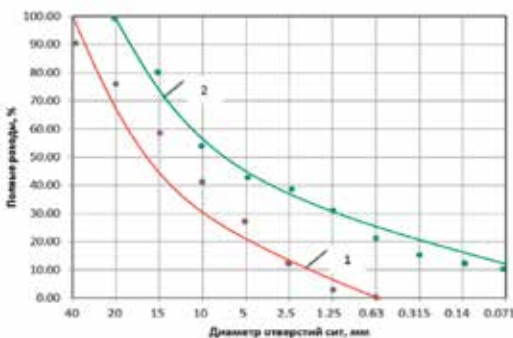


Рис. 10. Общий вид гранулята после отсева (а) и его гранулометрический состав (б): 1- до дробления; 2 - после дробления и добавления цемента.

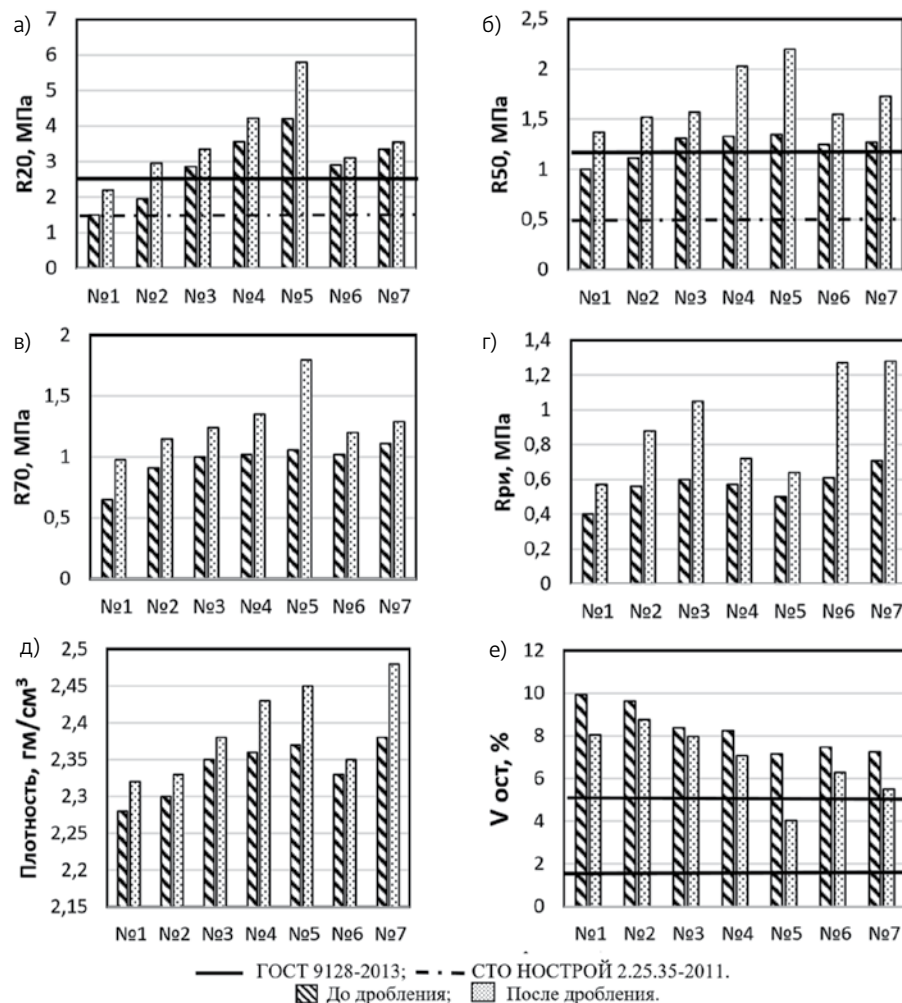


Рис. 11. Показатели свойств АГБ после 7 суток: а), б), в) прочность на сжатие; г) прочность при изгибе; д) плотность; е) остаточная пористость

Используя результаты теоретических исследований, в лаборатории ООО «Дорэксперт» и в лаборатории ЦКП «МАДИ» была выполнена опытно-экспериментальная проверка способа холодной регенерации старого асфальтобетона с целью уточнения ряда параметров.

При исследованиях были рассмотрены различные варианты составов АГБ-смесей на основе гранулята старого асфальтобетона без добавления и с добавлением цемента в пределах от 0,75 до 3% и пластификатора в количестве 1,2% от массы цемента. Для приготовления АГБ-смесей использовали два вида гранулята. Гранулят размером 0–40 мм, полученный после фрезерования без дробления и фракционирования, и гранулят размером 0–20 мм, полученный после дробления, отсева и смешивания фракций, что обеспечивало получение более плотной АГБ-смеси (рис. 10). Составы смесей приведены в табл. 1.

Результаты определения основных показателей свойств АГБбетон из недробленного и дробленного гранулята в возрасте 7 суток показаны на рис. 11 и в возрасте 28 суток приведены на рис. 12.

Полученные значения модуля упругости АГБ для исследуемых составов приведены на рис. 13.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что на основе гранулята можно получать смеси для устройства оснований и нижних слоев покрытий, обеспечивающие требуемые свойства по СТО НОСТРОЙ 2.25.35-2011. Свойства АГБ можно регулировать за

Материалы	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3	Состав № 4	Состав № 5	Состав № 6	Состав № 7
А) Гранулят старого асфальтобетона (фракция 0–40 мм)	100%	97,75%	95,5%	93,25%	91,0%	97,73%	95,46%
Б) Гранулят старого асфальтобетона (фракция 0–20 мм)							
Цемент М500	–	1,5%	3%	4,5%	6%	1,5%	3,0%
Вода	–	0,75%	1,5%	2,25%	3,0%	0,75%	1,5%
Пластификатор (ЖБИ-С)	–	–	–	–	–	0,018%	0,036%
Всего:	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Табл. 1. Составы АГБ смесей с гранулятом 0–40 мм и гранулятом 0–20 мм

счет добавок цемента, пластификатора и за счет применения фракционированного гранулята.

Исследования показали, что АГБ в возрасте 7 и 28 суток с использованием фракционированного гранулята 0–20 мм имеет прочность при разных температурах выше, чем АГБ с гранулятом 0–40 мм без дробления и сортировки. При добавлении водного раствора пластификатора прочность АГБ почти в 1,5 раза больше, чем в составах без пластификатора.

При близких значениях свойств исследуемых составов АГБ наибольшую прочность при 50 и 70°C, характеризующую его сдвигоустойчивость, показали образцы с добавлением цемента и пластификатора. Применение АГБ из дробленого гранулята с добавлением 1,5–3% цемента и пластификатора по своим показателям обеспечивает, а по прочностным показателям превосходит требования ГОСТ 9128 к горячим крупнозернистым плотным асфальтобетонам.

С увеличением количества цемента с 1,5 до 6% прочность АГБ возрастает в 1,5–2 раза при температурах от 20–70°C. Причем в образцах с фракционированным гранулятом прирост прочности заметно выше, чем в образцах с недробленным гранулятом. За счет введения пластификатора образцы показали большую прочность при меньшем содержании цемента. На данный способ повышения плотности и прочности асфальтогранулобетонной смеси в Роспатент была подана заявка № 2020126553\03 (046627), которая получила одобрение и разрешение на выдачу патента на изобретение.

Соответственно, значения модуля упругости в АГБ с дробленным гранулятом на 20–40% выше, чем без дробления и пластификатора.

Результаты испытаний устойчивости к колееобразованию методом нагружаемого колеса (ГОСТ Р 58406.3) и определения усталостной прочности при многократном

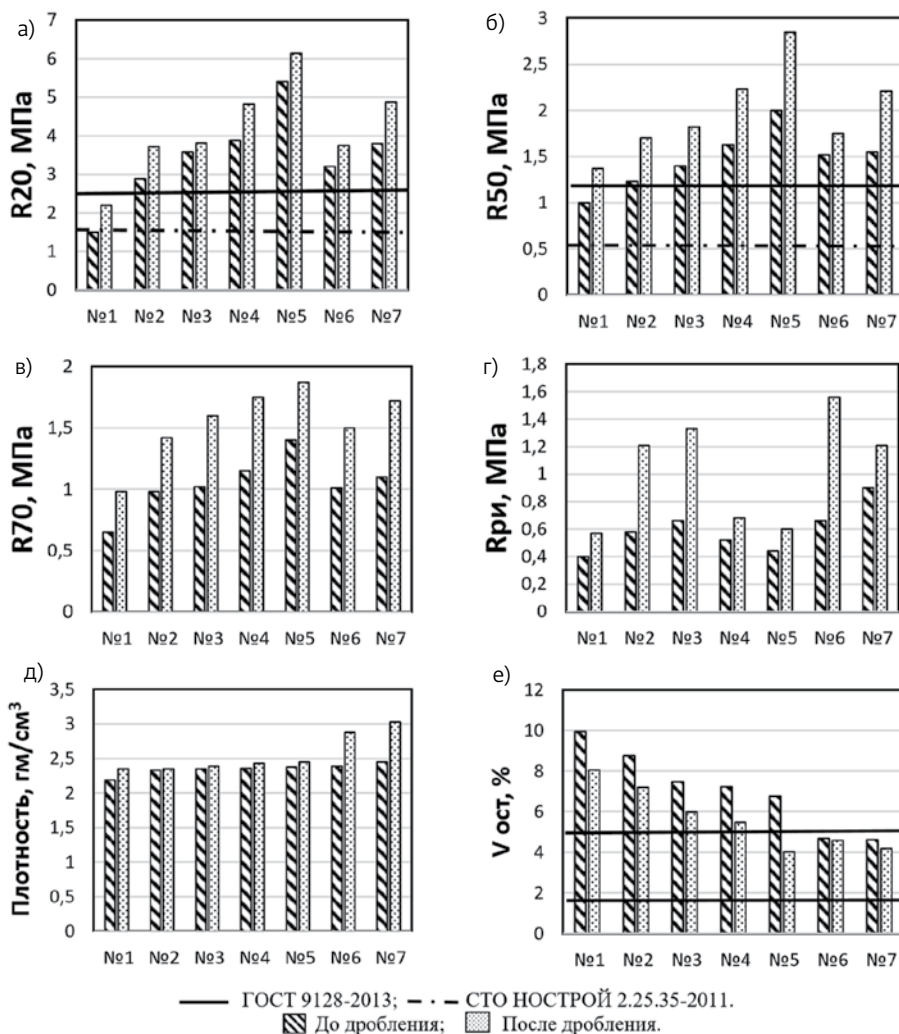


Рис. 12. Показатели свойств АГБ после 28 суток: а), б), в) прочность на сжатие; г) прочность при изгибе; д) плотность; е) остаточная пористость

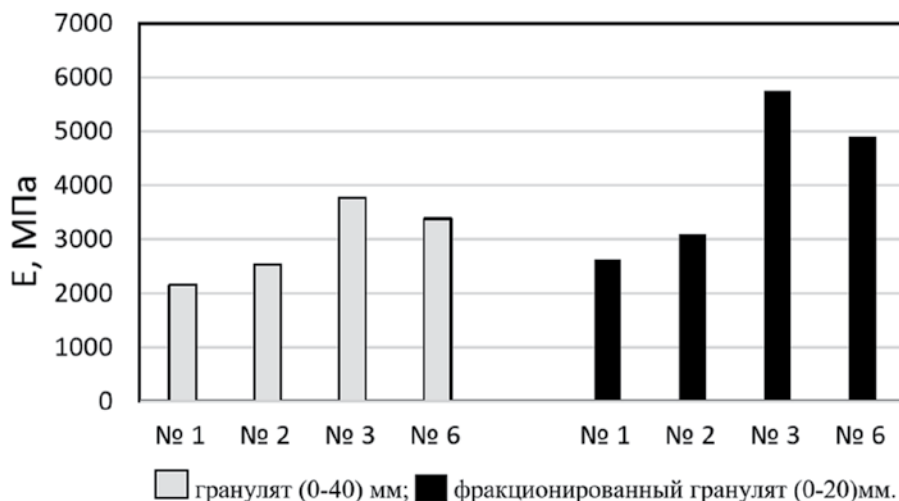


Рис. 13. Значения модуля упругости АГБ

изгибе (ГОСТ Р 58401.11) приведены в табл. 2.

Для проведения испытаний использовали оборудование фирмы Infratest. Из полученных данных можно сделать вывод о том, что

АГБ составов № 3 и № 6 существенно превышают требования к эксплуатационным показателям по устойчивости к колееобразованию, а состав № 3 отвечает техническим требованиям к показателям усталостной прочности при много-

Табл. 2. Эксплуатационные показатели АГБ

Показатели	Номер смеси		Требования		
	№ 3	№ 6	Верхний слой покрытия	Нижний слой покрытия	Слой основания
Средняя глубина колеи, мм, при температуре 60°C после 30 000 проходов колеса, не более мм (*)	2,70	3,70	4,5	6,0	9,0
Угол наклона кривой колееобразования, мм/1000 циклов, не более (*)	0,05	0,09	0,20	0,30	0,40
Модуль жесткости испытуемого образца на 50 цикле приложения нагрузки при частоте деформации 250 мки/м и частоте приложения нагрузки 10 Гц, при температуре 20°C, МПа, не менее (**)	6491	4160	4100 (IV ДКЗ)	-	-
Усталостная прочность, количество циклов приложения нагрузки при частоте деформации 250 мки/м и частоте приложения нагрузки 10 Гц, при температуре 20°C до падения модуля жесткости на 50%, не менее (**)	240 000	-	135000 (IV ДКЗ)	-	-

Примечания: (*) - показатели, регламентируемые ГОСТ Р 58406.2 Требования к Смесьям горячим асфальтобетонным и асфальтобетону; (***) - показатели, регламентируемые СТО АВТОДОР 2.6-2013 Требования к нежестким дорожным одеждам автомобильных дорог ГК «АВТОДОР»

Табл. 3. Результаты испытания образцов-кернов на опытных участках

Наименование смеси	Образцы (керны) из покрытия		Лабораторные образцы					Коэф. уплотнения
	Средняя плотность, г/см ³	W, % по объему	Средняя плотность, г/см ³	W, % по объему	R20, МПа	R50, МПа	КВ	
* Требования	Не норм.	Не бол. 10	Не норм.	Не бол. 10	Не мен. 1,5	Не мен. 0,5	Не мен. 0,6	
** Требования	Не норм.	Не бол. 4	Не норм.	Не бол. 4	Не мен. 2,5	Не мен. 1,2	Не мен. 0,8	
АГБ Тип М	2,30	3,70	2,32	3,75	2,82	1,13	1,13	0,99

Примечания: (*) - показатели, регламентируемые СТО НОСТРОЙ 2.25.35-2011 для асфальтогранулобетона; (***) - показатели, требуемые ГОСТ 9128-2013

кратном изгибе, предъявляемым к горячим асфальтобетонам для верхнего слоя покрытия.

Опытные работы по приготовлению, укладке и уплотнению АГБ-смеси на основе гранулята с добавлением цемента и водного раствора пластификатора осуществлялись при участии ООО «Дорэксперт» совместно с ООО «АБЗ Капотня» и фирмы «ЭМКА». Работы выполнялись в г. Дзержинский Московской области.

Для устройства нижнего слоя покрытия применялась АГБ-смесь тип М, выпущенная ООО «АБЗ

Капотня». Приготовление смеси осуществляли в бетоносмесительной установке СБ-138.

Смесь укладывалась асфальтоукладчиком, уплотнялась пневмокотком и гладковальцовым катком. Площадь участка составила 490 кв. м. Средняя толщина слоя покрытия – 6 см.

Движение автотранспорта по участку было открыто через три дня после окончания строительства. В процессе проведения работ из бункера асфальтоукладчика были отобраны пробы АГБ-смеси, а позднее лабораторией ООО

«Дорэксперт» – и образцы-керны из готового покрытия. Результаты физико-механических свойств АГБ приведены в табл. 3.

Представленные результаты подтверждают данные экспериментальных исследований в части эффективности устройства покрытия из АГБ-смеси из фракционированного гранулята с добавлением цемента и пластификатора.

ООО «Дорэксперт» были выполнены расчеты по оценке экономической эффективности устройства дорожных покрытий

по технологии холодной регенерации в бетоносмесительной установке. Выполненные экономические расчеты показали эффективность ремонта способом холодной переработки с добавлением цемента. По сравнению с покрытием из горячей асфальтобетонной смеси толщиной 10 см, экономия по выбранному варианту составляет 274 руб./кв. м для условий города Москвы.

ВЫВОДЫ

1. Технология холодной переработки асфальтобетона в установке

позволяет получать АГБ с прочностными показателями, соответствующими требованиям СТО НОСТРОЙ 2.25.35-2011 и ГОСТ 9128-2013.

2. Свойства асфальтогранулобетона можно регулировать за счет добавок щебня, цемента, битумной эмульсии и пластификатора.

3. При близких значениях свойств исследуемых составов гранулоасфальтобетона наибольшую прочность при 50°C, которая характеризует сдвигустойчивость материала, показали образцы с добавлением цемента.

4. Окончательные рекомендации по составам для конкретных условий эксплуатации должны уточняться при испытаниях исходного гранулята и с учетом результатов лабораторных испытаний асфальтогранулобетона.

А.П. Лупанов,

д-р техн. наук, МАДИ

В.В. Силкин,

канд. техн. наук,

профессор МАДИ

М.М. Аль-Карагули,

аспирант МАДИ

К.М. Гуляев, аспирант МАДИ

Литература

1. Алиев, А.М. Строительство автомобильных дорог и аэродромов. М., 2013.
2. Бахрах, Г.С. Холодная регенерация // Автомобильные дороги. 2012. № 7. С. 96-98.
3. Лешицкая, Т.П., Пахомов В.А. Реологические свойства и усталостные характеристики асфальтобетона, регенерированного холодным способом // Автомобильные дороги: Информ. Сб. Информавтодор. 2002. Вып. 1. С. 14-26.
4. Лупанов, А.П., Силкин В.В. Повторное использование асфальтобетона на АБЗ. М.: Экон-Информ, 2019.
5. Сюньи Г.К., Усманов К.Х., Файнберг Э.С. Регенерированный дорожный асфальтобетон. М.: Транспорт, 1984.
6. Гарнаев, Н.А. Технология приготовления асфальтобетонной смеси с дисперсным битумом // Наука и техника в дорожной отрасли. 2004. № 2. С. 20-21.
7. ГОСТ Р 58406.2-2020 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2020.
8. ГОСТ 58406.3-2020 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения стойкости к колееобразованию прокатыванием нагруженного колеса. М.: Стандартинформ, 2020.
9. ГОСТ Р 58401.11-2019 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения усталостной прочности при многократном изгибе. М.: Стандартинформ, 2019.
10. ГОСТ Р 55052-2012 Гранулят старого асфальтобетона. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019.
11. ГОСТ Р 30491.-2012 Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическим вяжущим, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия - Введен 01.11.2013. М.: Стандартинформ, 2013.
12. СТО НОСТРОЙ. 2.25.35-2011. Автомобильные дороги. Устройство оснований дорожных одежд. Часть 7. Строительство оснований с использованием асфальтобетонного гранулята. М.: Национальное объединение строителей; СРО НП «МОД «СОЮЗДОРСТРОЙ», 2012.
13. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации. - Издательство Официальный отраслевой дорожный методический документ / Министерство транспорта Российской Федерации (Росавтодор). М., 2002.
14. Холодный ресайклинг. Руководство по применению. 2-е переработанное издание / Wirtgen. GmbH Germany. 2006.

Уважаемые господа!

Предлагаем оформить подписку на журнал «Дорожная держава».
Стоимость годовой подписки (7 номеров) – 5 600 рублей
Стоимость подписки на полгода (4 номера) – 3 200 рублей

**Подписаться на журнал
можно с любого номера, позвонив по тел.:**

(812) 320-04-08 или (812) 320-04-09

