

изводству, экономике : материалы 17-й международной научно-технической конференции (72-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ) / Белорусский национальный технический университет, Факультет транспортных коммуникаций ; редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2019. – с. 22.

3. Жуковский, Е.М. Способы утилизации отходов нефтепереработки в дорожном строительстве / Е.М. Жуковский, А.А. Куприянчик // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 17-й международной научно-технической конференции (72-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ) / Белорусский национальный технический университет, Факультет транспортных коммуникаций; редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2019. – с. 21.

УДК 625.765

### **Энергосберегающая технология приготовления асфальтобетонных смесей с использованием асфальтогранулята**

Игошкин Д.Г.  
ГП «БелдорНИИ»

Ежегодно в мире производят десятки миллионов тонн асфальтогранулята. Из них около одной трети используется при горячей регенерации асфальтобетона, около половины - при холодной регенерации, остальной - бракуется [1].

В странах Западной Европы широко применяется технология приготовления асфальтобетонных смесей с использованием асфальтогранулята в асфальтосмесительных установках [2]. При этом их объем достигает около 40 % от объема всех выпускаемых асфальтобетонных смесей.

Необходимость использования асфальтогранулята при производстве асфальтобетонных смесей вызвана как экологическими аспектами, так и высокой стоимостью и нехваткой исходных материалов. Фактически на основе технологии повторного использования асфальтогранулята в асфальтобетонных слоях можно достичь замкнутого цикла при котором потребность в дефицитных и дорогостоящих новых материалах сводится к минимуму, что очень актуально в существующих экономических условиях.

Технология повторного использования асфальтогранулята в асфальтобетонных слоях позволяет достичь замкнутого цикла при котором потребность в дефицитных и дорогостоящих новых материалах сводится к минимуму, что очень актуально в существующих экономических условиях.

Применение асфальтогранулята при приготовлении горячих асфальтобетонных смесей в асфальтосмесительных установках, позволяет:

- использовать весь снятый с дороги асфальтобетон;
- широко применять добавки каменных материалов, битума и пластификаторов при регенерации;
- получать асфальтобетонную смесь заданного качества и укладывать ее на участках дорог с соответствующей интенсивностью движения;
- экономить энергию и материальные ресурсы (по опыту строительства в США, стоимость ремонта уменьшается на 20–30 %).

Для приготовления горячих асфальтобетонных смесей с использованием асфальтогранулята могут использоваться как обычные асфальтосмесительные установки, дополненные оборудованием для хранения, транспортирования и дозирования старого асфальтобетона, так и специальные [3].

Асфальтосмесительные установки, работающие по классической башенной схеме, дополняются приемным бункером с питателем и конвейером.

В зависимости от принятой технологии, асфальтогранулят может подаваться конвейером в горячий элеватор, бункер горячих каменных материалов, весовой бункер или непосредственно в мешалку.

При такой технологии приготовления асфальтобетонной смеси нагрев асфальтогранулята происходит в смесителе косвенным путем, за счет энергии перегретых исходных каменных материалов. Поэтому для обеспечения требуемой температуры готовой асфальтобетонной смеси важно рассчитать температурный баланс материалов, поступающих в смеситель. Для обеспечения равномерного разогрева максимальный размер зерен асфальтогранулята не должен превышать 20 мм. В соответствии с СТБ 1705-2015 для приготовления асфальтобетонных смесей по СТБ 1033-2016 может применяться асфальтогранулят активный типов Аг 20 и Аг 10.

При загрузке асфальтогранулята в горячий элеватор его нагрев обеспечивается длительным контактом с горячими каменными материалами. Недостатком такой схемы является загрязнение ковшей, сит грохота и других элементов оборудования битумом. Кроме того, возможно неравномерное поступление в смеситель старого асфальтобетона, приводящее к колебаниям содержания битума в смеси.

При подаче асфальтобетона в бункер горячих каменных материалов или в весовой бункер гарантируется его точная дозировка. Однако при контакте асфальтогранулята с горячими каменными материалами возможно загряз-

нение бункера битумом, что также будет сказываться на точности дозирования материалов. Так как время контакта асфальтогранулята с горячими материалами в бункере невелико, то его нагрев будет продолжаться в мешалке, при перемешивании с нагретыми минеральными материалами.

При подаче асфальтогранулята непосредственно в мешалку, сложности, связанные с загрязнением элеватора и бункеров, отпадают. Однако и в этом случае разогрев холодного асфальтогранулята в смесителе происходит за счет нагретых каменных материалов.

Асфальтогранулят может добавляться в новую смесь в количестве до 20 % по массе, что позволяет восстановить свойства состарившегося битума и скорректировать гранулометрический состав. Часто этого бывает достаточно, для того чтобы рекомендовать асфальтобетонную смесь, приготовленную с использованием асфальтогранулята, для устройства верхних слоев покрытий.

Увеличение содержания асфальтогранулята в составе асфальтобетонной смеси свыше 20 % может привести:

- к снижению долговечности асфальтобетонного покрытия в результате высокого содержания состаренного битума;
- ускоренному износу конструктивных элементов сушильного барабана из-за необходимости значительного увеличения температуры нагрева каменных материалов для косвенного нагрева большой массы асфальтогранулята;
- возникновению «парового удара» в результате испарения воды при контакте большой массы холодного и влажного асфальтогранулята с горячими каменными материалами.

Как описывалось выше, нагрев асфальтогранулята при приготовлении асфальтобетонной смеси происходит в смесителе косвенным путем, за счет энергии перегретых исходных каменных материалов.

Материалы, входящие в состав смеси, имеют различную начальную температуру  $T$  (от 10 °С до 200 °С) и смешиваются в различных пропорциях. При этом происходят интенсивные процессы энергообмена между «горячими» и «холодными» материалами [4].

Поэтому для обеспечения требуемой температуры готовой асфальтобетонной смеси важно учитывать температурный баланс материалов, поступающих в смеситель.

Согласно результатам расчета [5], для «косвенного» нагрева относительно холодных минерального порошка и битума требуются значительные энергозатраты на «перегрев» каменных материалов (щебень, песок) в сушильном барабане.

Для приготовления асфальтобетонной смеси с температурой 150 °С необходимо нагреть каменные материалы до температуры 170 °С.

При введении в состав смеси асфальтогранулята требуемая температура нагрева каменных материалов еще более увеличивается. При введении в состав смеси 20 % асфальтогранулята необходимо нагреть каменные материалы до температуры 221 °С.

Необходимо отметить, что, исходя из условия обеспечения надежной работы сушильного барабана, максимальная температура нагрева каменных материалов не может быть выше 230–240 °С. Согласно результатам расчета [5] максимальное содержание асфальтогранулята в составе смеси не может превышать 20 % от массы.

Для увеличения содержания асфальтогранулята в составе смеси необходима модернизация АБЗ, позволяющая произвести предварительный нагрев асфальтогранулята на отдельной линии.

Как показывают результаты расчетов [6], введение в состав асфальтобетонной смеси до 20 % асфальтогранулята позволяет снизить затраты на исходные материалы, а следовательно и стоимость готовой продукции, на 11 %.

Однако экономические показатели не всегда объективно отражают эффективность разрабатываемой технологии.

В условиях существующих рыночных отношений стоимость работ определяется на договорной основе между заказчиком и исполнителем работ. Вариации ценовых показателей зависят от ряда конъюнктурных факторов, условий ценообразования и правил налогообложения, несвязанных непосредственно с рассматриваемым техническим решением.

Объективным критерием оценки эффективности различных технологий является анализ энергозатрат, необходимых для реализации принятых проектных решений. Затраты энергии в киловатт-часах или тоннах условного топлива не зависят от колебаний экономических факторов и объективно характеризуют техническую эффективность рассматриваемой технологии.

Для объективной оценки эффективности технологии использования асфальтогранулята в составе горячих асфальтобетонных смесей, приготовляемых на АБЗ, был проведен анализ необходимых энергозатрат на устройства асфальтобетонного покрытия по традиционной и рассматриваемой технологиям.

Энергозатраты при устройстве асфальтобетонных покрытий складываются из затрат на производство исходных материалов, транспортировку их к месту приготовления асфальтобетонных смесей, приготовление смесей, транспортировку и укладку смесей в покрытие.

Суммарная энергоемкость строительства 1 км однослойного покрытия автомобильной дороги третьей категории толщиной 5 см и шириной 8 метров составляет около 402,9 ГДж. [7]

Анализ энергозатрат на устройство асфальтобетонного покрытия показывает, что затраты на приготовление исходных материалов составляют около 19 %, транспортировка исходных материалов на АБЗ потребует еще около 15 %, на производственный процесс приготовления смеси затрачивается чуть больше половины от общих затрат энергии – 56 %, на транспортировку готовой смеси к месту укладки и устройство покрытия – около 10 %.

Проведенный анализ позволяет определить наиболее эффективные мероприятия по снижению энергозатрат при строительстве асфальтобетонных покрытий.

Непосредственно на приготовление и укладку асфальтобетонного покрытия расходуется около 66 % от общих энергозатрат. Снижение доли этих статей расхода трудновыполнимо, т.к. требует существенного изменения технологии, модернизацию или полную замену оборудования, разработку новых типов асфальтобетонных смесей и т.д.

На приготовление и транспортировку исходных материалов расходуется около трети общих энергозатрат. Эти энергозатраты можно сравнительно легко уменьшить, не внося существенных изменений в традиционную технологию приготовления и укладки, например, используя в качестве исходного сырья для приготовления асфальтобетонной смеси асфальтогранулят, полученный путем фрезеровки некачественного покрытия существующих автомобильных дорог.

При введении в состав смеси 20 % асфальтогранулята энергозатраты на устройство асфальтобетонного покрытия снижаются на 10 % [7]. Снижение общих энергозатрат происходит, в основном, за счет энергозатрат на приготовление исходных материалов и транспортировки их на АБЗ.

### ***Выводы***

1. Наиболее эффективным способом использования асфальтогранулята является применение его в составе асфальтобетонных смесей, приготовляемых в стационарных асфальтосмесительных установках. Асфальтогранулят может использоваться для приготовления плотных смесей марок II и III, пористых и высокопористых смесей по СТБ 1033-2016.

2. Для приготовления асфальтобетонных смесей необходимо использовать активный асфальтогранулят с максимальной крупностью зерен менее 20 мм.

3. Асфальтогранулят может подаваться конвейером в горячий элеватор, бункер горячих каменных материалов, весовой бункер или непосредственно в мешалку асфальтосмесительной установки. Содержание асфальтогранулята в количестве не более 20 % от массы асфальтобетонной смеси обеспечивает нормальный режим работы сушильного барабана.

4. Требуемые характеристики асфальтобетонной смеси обеспечиваются при содержании асфальтогранулята в смеси до 20 % по массе.

5. При введении в состав смеси 20 % асфальтогранулята энергозатраты на устройство асфальтобетонного покрытия снижаются на 10 %. Экономический эффект от использования асфальтогранулята составляет около 11 % от стоимости асфальтобетонной смеси.

### Литература

1. Г.С. Бахрак Как эффективнее использовать гранулят // Автомобильные дороги. – 2015. – № 6 – с. 65–69.

2. Строительно-технические свойства дорожного асфальтового бетона: учебное пособие / Э.В. Котлярский; под ред. Э.В. Котлярского. – М., 2004. – 194 с.

3. Л.Б.Гезенцевей, Н.В.Горельшев, А.М.Богуславский, И.В.Королев. Дорожный асфальтобетон – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1985. 350 с.

4. Ковалев Я.Н. Баховчук А.П., Воронова Н.П., Кравченко С.Е., Игошкин Д.Г. Теплотехнические расчеты при проектировании технологических процессов устройства асфальтобетонных покрытий // Строительная наука и техника. – 2007. – № 3. – С.79–85.

5. Игошкин, Д. Г. Эффективное применение асфальтогранулята при устройстве дорожных покрытий // Автомобильные дороги и мосты. - 2020. - № 1. – С. 73–81.

6. Д.Г.Игошкин «Эффективная технология снижения стоимости работ при устройстве асфальтобетонных покрытий». Сборник докладов международной научно-технической конференции 24-25 ноября 2016г. Автомобильные дороги: Безопасность и надежность» / Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, Государственное предприятие «БелдорНИИ». – Минск, 2016. – 48с.

7. Д. Г. Игошкин, Кравченко, С.Е. Воронова Н.П. Сравнительный анализ энергетического баланса устройства покрытий из горячих асфальтобетонных смесей по традиционной технологии и с использованием асфальтогранулята

8. // Автомобильные дороги и мосты. – Минск : БелдорНИИ, 2015. – № 2. – С. 39–46.