

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2018, №4, Том 5 / 2018, No 4, Vol 5 <https://resources.today/issue-4-2018.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/06NZOR418.pdf>

DOI: 10.15862/06NZOR418 (<http://dx.doi.org/10.15862/06NZOR418>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Чулков В.О., Назиров Б.Э. Рециклинг отходов строительства и сноса при реновации территорий и дорожных покрытий крупных городов // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2018 №4, <https://resources.today/PDF/06NZOR418.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/06NZOR418

For citation:

Chulkov V.O., Nazirov B.Eh. (2018). Recycling of construction and demolition waste during renovation of territories and pavements of large cities. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, [online] 4(5). Available at: <https://resources.today/PDF/06NZOR418.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/06NZOR418

УДК 691

ГРНТИ 67.09.91

Чулков Виталий Олегович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Доктор технических наук, профессор
E-mail: vitolch@gmail.com

Назиров Бахруз Эльчин оглы

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Аспирант
E-mail: r.turluttu-2011@mail.ru

Рециклинг отходов строительства и сноса при реновации территорий и дорожных покрытий крупных городов

Аннотация. В процессе урбанизации крупных городов в разных странах возникают сходные проблемы реорганизации, предполагающие снос физически и морально устаревших зданий и сооружений, а также последующее строительное переустройство освободившихся или вновь прирезаемых к городу территорий. В процессе сноса устаревших зданий и сооружений, а также при возведении новых строений неизбежно возникают значительные объёмы отходов и строительного мусора, которые по возможности максимально необходимо подвергать переработке во вторичные строительные материалы (осуществлять так называемый «рециклинг» отходов). Виды строительного переустройства городских территорий разделяют на традиционные, широко известные и нормированные (ремонт, реконструкция, реставрация), и инновационные, возникающие в процессах реорганизации социума. Среди инновационных видов строительного переустройства наиболее актуальна в настоящее время реновация, отвечающая потребности обновления обветшавшего жилищного фонда городов. В статье рассмотрены основные виды строительных отходов, образуемые при сносе и новом строительстве, а также используемые технологии рециклинга этих отходов при реновации территорий и дорожных покрытий крупных городов.

Ключевые слова: переработка бетонных и железобетонных изделий; использование вторичного щебня; асфальтобетон; асфальтогранулят

Ежегодно в стране образуют ~ 6 млн т отходов бетона и железобетона, а в ближайшее время прирост объема бетонного лома при разборке зданий и накоплении некондиционных конструкций достигнет 15-17 млн т/год¹ [1 и др.]. В Москве, как и во многих крупных городах мира, строительные отходы образуют при сломе и реконструкции зданий и сооружений, при производстве строительных материалов, деталей, конструкций, при реконструкции и переустройстве жилья, инженерных сетей и т. д.² [2-7 и др.]. Ежегодно возводят более 3 млн м² нового жилья, при устройстве дорог вынимают ~90 млн м³ грунта и асфальта, коммунальное хозяйство города осуществляет значительные объемы работ по капитальному ремонту жилого фонда, жильцы своими силами ремонтируют ~22 тысячи квартир/год [8-10 и др.].

Отходы строительства и сноса (ОСС) возникают в результате сноса и разборки ветхих пятиэтажных домов, построенных в 50-60 гг. прошлого века (первый период индустриального домостроения). В Москве в начальный период сноса насчитывали около 11037 жилых пятиэтажных строений общей площадью 36,7 млн м², в том числе 5800 жилых домов разных серий, общей площадью 20,6 млн м², которые были полностью изношены морально и физически. Значительную часть из образуемых в городе ОСС вывозили и продолжают вывозить на полигоны и свалки (в том числе – несанкционированные), расположенные на территории Москвы и области, что отрицательно сказывается на экологической ситуации Московского региона.

В то же время, ОСС (в частности – отходы бетона и железобетона) – потенциально вторичное сырье. Его использование после переработки на вторичный щебень и песчано-щебеночную смесь позволяет снизить затраты на строительное переустройство и новое строительство объектов города и, одновременно, уменьшить нагрузку на полигоны, исключить образование несанкционированных свалок, а также сократить земляные ресурсы, отводимые под размещение новых свалок. Динамический характер рециклинга ОСС связан с необходимостью учета постоянных изменений во времени и пространстве совокупности ресурсных факторов (рис. 1) [1, 3 и др.].

¹ Постановление Правительства Москвы № 469-ПП «О порядке обращения с отходами строительства и сноса в г. Москва» от 25 июня 2002 г.

² ГОСТ 30775-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов. Основные положения. – М.: 2002.

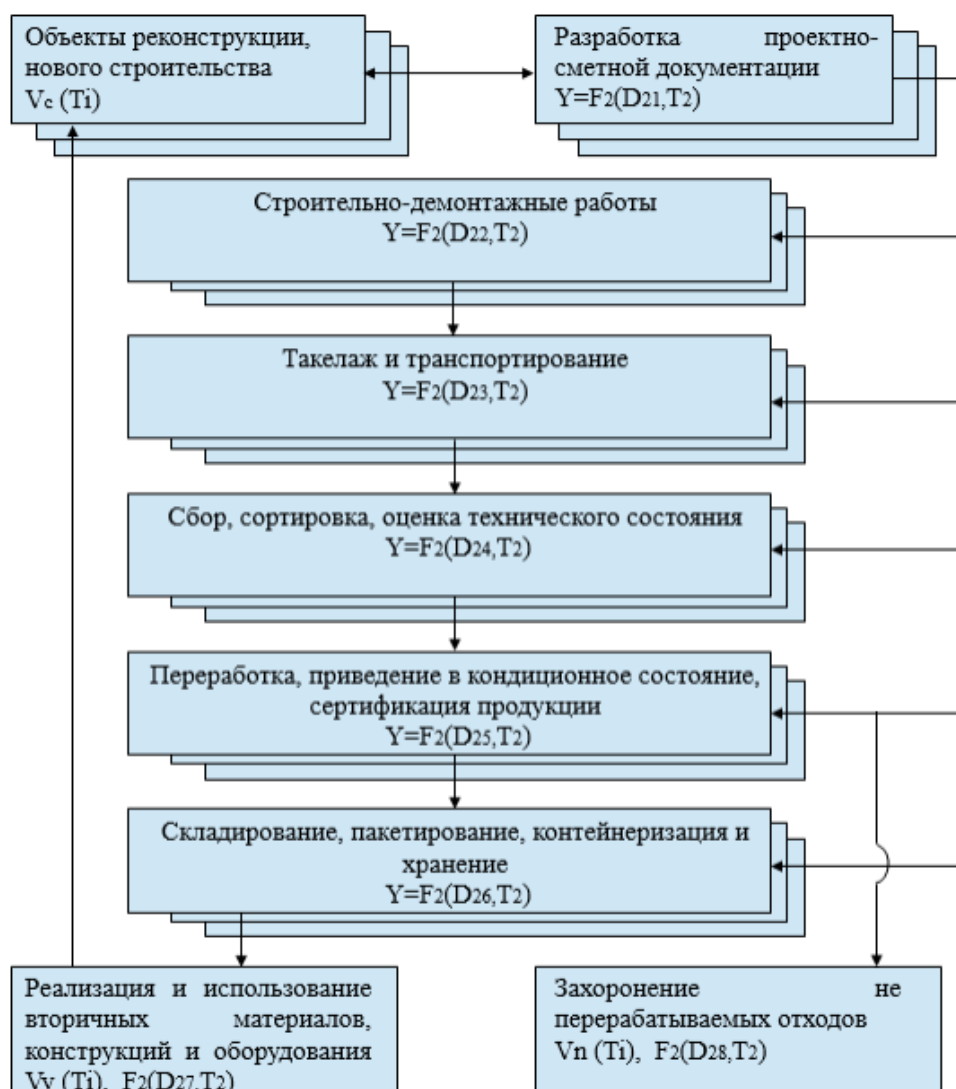


Рисунок 1. Этапы комплексного использования вторичных строительных ресурсов (Лунев Г.Г., Костецкий Н.Ф. [3])

При сносе, реконструкции, реновации и новом строительстве зданий и сооружений образуют ОСС: бетон и железобетон; асфальт (сколы); керамзитобетон; древесина; черные металлы (лом); рубероид; битум (мастики); линолеум (обрез); минеральная вата использованная; асбошифер (бой); макулатура и оргалит; стеклобой; использованный санитарный фаянс; кирпич (бой); отработанный раствор; лакокрасочные отходы; шлаки; зола; асбест отработанный; керамическая плитка (бой); тара бумажная загрязненная; тара металлическая использованная; грунт замусоренный и др. Преобладающие виды ОСС в городе – замусоренный грунт, асфальт, каменные материалы, кирпич, бетон и железобетон, картон, бумага. По данным ЦНИИОМТП, ещё в 2004 году в среднем на одного жителя Москвы приходилось в год: замусоренного грунта 0,5 т (0,5 м³); асфальта и битумосодержащих материалов 0,1 т (0,1 м³); кирпича и каменных материалов 0,2 т (0,1 м³); бетона и железобетона 0,2 т (1,5 м³); раствора отработанного 0,2 (0,001 м³).

Переработку **бетонных и железобетонных отходов**, полученных в результате сноса жилых домов и промышленных сооружений, осуществляют на стационарных, сборно-разборных и мобильных (передвижных и самоходных) дробильно-сортировочных установках.

Стационарные установки состоят из двух или трех частей, в первой части которых осуществляют приёмку и первичную переработку поступающих отходов. Стационарные

установки имеют приемный бункер, пластинчатый транспортер, пост предварительной сортировки. Сначала вручную отделяют древесные материалы, пластмассу и прочие включения и отходы помещают в дробилку магнитного сепаратора для извлечения металлических включений. Очищенные отходы поступают на грохот, где их разделяют на фракции, количество которых зависит от числа ярусов грохота. Не прошедшие грохот крупные обломки возвращают обратно в дробилку или же подают транспортером во вторую часть установки, которая по составу оборудования аналогична первой. Существует и третья часть установки, в которой из полученных строительных отходов (щебня, песка, цемента, золы и др.) с добавлением природного песка приготавливают товарный бетон, используемый для подстилающего слоя дорожных покрытий или стеновых конструкций малоэтажных зданий.

На стационарных установках работают колесные погрузчики и гидравлические экскаваторы, оборудованные гидромолотом и гидравлическими клещами. Такие установки размещают на пересечении крупных автомобильных, водных или железнодорожных транспортных коммуникаций вблизи крупных городов. К размещению этих установок предъявляют такие же требования, как и к предприятиям стройиндустрии. На стационарные установки поступают предварительно отсортированные по видам строительные отходы: бетон, железобетон, кирпич, камень, асфальт и др.

Сборно-разборные дробильно-сортировочные установки состоят из компактных блоков, установленных на фундаментах. Размер площадки, на которой размещают блоки, составляет 200 м², потребляемая мощность установки до 100 Квт. Монтаж и демонтаж блоков занимает ~2-3 дня. Сборно-разборные дробильно-сортировочные установки размещают преимущественно в местах сосредоточенной массовой переработки строительных отходов, как правило – в промышленных зонах или местах сноса микрорайонов крупнопанельных домов. К ним предъявляют повышенные (относительно стационарных) экологические требования: минимальный уровень шума, замкнутый цикл отсоса воздуха с его очисткой от мусора и пыли, оборотное водообеспечение. Строительные отходы сортируют: крупные и громоздкие отходы (ригель, плита, панель и др.) откладывают для дальнейшего дробления гидромолотами или бетоноломателями, остальной материал подают в загрузочный бункер, откуда скребковым транспортером – в сортировочный барабан, где происходит разделение материала по фракциям. В процессе разделения система воздухозабора отсасывает легкие фракции: дерево, бумагу, пластмассу и др. При подаче материала к следующему посту производят отделение металлических включений магнитным сепаратором, а также ручную сортировку (извлечение деревянных элементов, картона и других неминеральных отходов). Затем материал поступает в дробилку, где из крупных отходов получают щебень.

Мобильные (передвижные самоходные) дробильно-сортировочные установки выпускают на гусеничном и колесном ходу; они состоят из смонтированного на шасси силового агрегата (обычно дизель-электрического), приемного бункера, дробилки, магнитного сепаратора, поста ручной сортировки, системы транспортеров, сортировочного барабана и раздаточного транспортера.

Установку из транспортного положения переводят в рабочее состояние за 2-3 часа. Мобильные установки отличаются пониженной мощностью и уровнем шума не более, чем у грузового автомобиля. Эти качества позволяют применять мобильные установки в условиях жилых кварталов, при сносе рассредоточенных объектов, при реконструкции ветхого жилого фонда, при реновации и т. п. Полученный после переработки мобильными установками вторичный строительный материал используют, в основном, при обратной засыпке котлованов, устройстве дорог и проездов. Крупность кусков и состав подаваемого в установку материала обычно постоянны, их можно контролировать разными методами.

Конструктивные параметры дробильной установки для железобетона проектируют с учетом того, что:

- невозможно точно контролировать форму и крупность подаваемого на переработку материала;
- ОСС содержат стальную арматуру.

Узлы таких дробильных установок для железобетона приходится делать «сверхтяжелыми» и «сверхразмерными» по сравнению с узлами обычных дробильных установок такой же производительности. Это необходимо для пропускания через установку стальной арматуры. Такая «сверхразмерность» необходима для обеспечения надёжности функционирования узлов и секций первичного дробления перерабатывающей установки. Поскольку стальную арматуру или сетку удаляют перед грохочением и вторичным дроблением, эти последующие секции установки могут иметь размеры, аналогичные обычным камнедробильным установкам. В результате коэффициент полезного действия установок первичного дробления значительно ниже, чем у обычных камнедробильных агрегатов. Увеличение габаритов подаваемого на дробление некондиционного бетона дополнительно снижает КПД установки.

Чем крупнее установка первичного дробления, тем меньше подготовки требует подаваемый материал. Выбор типа установки по переработке строительных отходов определяет объем предназначенных для переработки ОСС, их количество, вид и необходимость непрерывности их вывоза с места строительного переустройства.

В зависимости от состава перерабатываемых материалов и требований к получаемой продукции применяют разные технологии. Технологические линии переработки ОСС комплектуют необходимым оборудованием для:

- **одностадийного дробления**, без разделения на фракции и сортировки ОСС;
- **двухстадийного дробления** без сортировки;
- **одностадийного или двухстадийного дробления** с сортировкой для получения одной или нескольких фракций продукции.

При одностадийной технологии используют щековую или роторную ударно-отражающую дробилку. Двухстадийная технология при вторичном дроблении использует роторные или конусные дробилки.

Наиболее перспективным (по критериям наименьших трудовых и финансовых затрат на снос зданий, а также наименьших сроков выполнения работ по сносу) считают механическое разрушение сносимых зданий с предварительной подготовкой ОСС к вывозу и первичному дроблению, а также последующий вывоз подготовленных строительных отходов на стационарные центры для их переработки. Несмотря на предварительную подготовку ОСС на месте их образования, размеры железобетонных ОСС часто гораздо больше размеров входного отверстия дробилки. Поэтому на пунктах переработки ОСС часть их подлежит дополнительному разрушению. ОСС должны быть максимально очищены от посторонних включений, очистку производят вручную на ленточном конвейере с увеличенной шириной ленты при скорости движения ленты около 0,2 м/с, которую считают безопасной для персонала. Это позволяет исключить засорение конечной продукции рециклинга посторонними включениями.

Дробление – самый дорогой по стоимости процесс, так как необходимо заменять быстро изнашивающиеся детали. Кроме того, очень велик расход энергии на обеспечение операций процесса дробления. Поэтому первый принцип переработки строительных отходов – *не*

дробить ничего лишнего. При дроблении однородных по размерам кусков ОСС получают наименьшее количество пыли, всегда нежелательной и невыгодной во всех отношениях: техническом, гигиеническом и экологическом. Отсюда второй принцип – **раньше разделить фрагменты ОСС по крупности, а потом дробить.**

Поэтому последовательность процессов переработки рассматриваемых видов ОСС выглядит следующим образом:

- подготовка отходов к первичному дроблению;
- первичное дробление;
- отделение металла;
- отсев мелкой фракции, удаление дерева и пластмассы;
- вторичное дробление;
- сортировка по фракциям.

В качестве примера рассмотрим несколько действующих комплексов по переработке ОСС.

Дробильно-сортировочный комплекс ЗАО «Сатори»

При переработке бетонных и железобетонных конструкций ЗАО «Сатори» использует установку первичного дробления английской фирмы «Parker plant». На площадку поступают негабаритные части после разборки бетонных и железобетонных сооружений, где производят их предварительную разделку на элементы длиной до 1,2 м с целью обеспечения их приема входным отверстием установки. По мнению специалистов английской фирмы «Parker plant», наиболее удачным является размещение участка переработки таким образом, чтобы материал доставляли с заводов сборного железобетона и стройплощадок, разгружали на особой складской площади, а не подавали непосредственно на перерабатывающую установку.

Густо армированные конструкции предварительно разрезают автогенном или гидравлическими ножницами. Подготовленные для дробления элементы погрузчиком загружают в работающую от дизеля установку, что позволяет:

- размещать установку в любом месте, независимо от мест стационарного энергоснабжения;
- применять наиболее экономичные транспортные схемы, учитывающие удаленность мест расположения исходных материалов (демонтируемых сооружений) и потребителей выходной продукции.

Используют специальный экскаватор «Любхерр», оснащенный гидротножницами, он позволяет вести снос зданий из железобетона высотой до 25 м без отселения жильцов ближайших домов и получать строительный лом, сразу пригодный для дальнейшей переработки на установке «Parker plant», которая механически дробит отходы на щековой дробилке с отделением арматуры. После переработки бетонного лома вторичный заполнитель подают на склад готовой продукции.

Дробильно-сортировочный комплекс «Росскетмаш»

ЗАО «Росскетмаш» совместно с Германским заводом тяжелого машиностроения «СКЭТ» поставляет дробильно-сортировочные комплексы с дробилками ударно-

отражательного действия. Их можно настраивать с учетом свойств измельчаемого материала за счет изменения окружной скорости ротора с билами и зазора между отражательными плитами и билами. В состав дробильно-сортировочного комплекса «Росскетмаш» входят:

- бетоноломатель;
- экскаватор с набором навесных агрегатов (ковш, гидронулицы);
- вибрационный предварительный отделитель;
- ленточный конвейер реверсивный;
- ударно-отражательная дробилка;
- электромагнит с выносной лентой;
- механический грохот;
- желобчатый виброконвейер;
- конвейер для металла;
- воздушный сепаратор;
- контейнер-пылеуловитель;
- двухвалковая дробилка;
- автопогрузчик.

Дробильно-сортировочная установка UTV «Cobra»

В «Экотехпроме» используют наиболее современное дробильное оборудование (дробильно-сортировочную установку UTV «Cobra»), которое выполняет одновременно функции предварительного и повторного дробления. На стальной сварной конструкции размещены ударно-отражательная дробилка, виброжелоб, цепной и ленточный транспортеры.

В начальный период сноса зданий первой волны промышленного домостроения активно работали также дробильный комплекс СУ-155, расположенный в жилом микрорайоне Москвы на ул. Наметкина. Этот комплекс был оснащен щековой дробилкой М2Р (Австрия). Предварительно расколотый на куски 1×0,5×0,6 м железобетон подавали погрузчиком в приемный бункер установки и через дробилку коротким транспортером на грохот, в котором дробленый материал разделяли на две фракции (0-10 и 10-60 мм), а затем двумя транспортерами отправляли продукцию на склад. Производительность установки составляла 120 м³ в смену (то есть за 4-4,5 ч.).

Анализ зарубежной и отечественной информации показал, что эксплуатационные свойства бетонов, полученных с применением дробленого бетона в качестве мелкого заполнителя (фракций менее 5 мм до 30 %), существенно ухудшаются. Эффективность применения дробленого бетона в качестве крупного заполнителя не вызывает сомнения.

Щебень из дробленого бетона содержит значительное количество растворной составляющей. Контактная зона между исходным зерном щебня и раствором (наименее прочное и наиболее пористое звено в бетоне) значительно снижает физико-механические показатели дробленого щебня ($M_{рз}$ с 200 до 15 циклов, дробимость с 12 до 24). В то же время, на вторичном щебне получают бетоны с прочностью до 200 кг/см² и морозостойкостью выше 100 циклов. Это можно объяснить тем, что действующие методики и критерии оценки для использования природного щебня не пригодны для определения свойств и оценки щебня из

дробленого бетона. Необходимы специальные нормативные документы, учитывающие специфические свойства вторичного щебня и определяющие область его применения, которые в начальный период сноса зданий первой волны промышленного домостроения практически отсутствовали.

Улучшить характеристики щебня из дробленого бетона позволяет его механическая или химическая активация (разрушение слабых зерен щебня или удаление остатков цементного камня). Механическая активация – самоизмельчение при перемешивании бетонного щебня в смесительных установках или его обработка в шаровых мельницах с металлическими шарами. Наиболее высоких показателей достигают в случае помола дробленого бетона со стальными шарами после предварительного низкотемпературного (600-800 °С) обжига. Существенно улучшить качества щебня можно избавлением от растворной составляющей, что позволяет добиться показателей (дробимость, водопоглощение, насыпная масса), близких к показателям исходного крупного заполнителя.

Качество щебня (крупного заполнителя для тяжелого бетона) характеризуют следующие показатели: зерновой состав, форма зерен, прочность (дробимости), содержание посторонних примесей, плотность (истинная, средняя, насыпная), пористость, пустотность и водопоглощение. Специальные требования по морозостойкости к щебню, как правило, не предъявляют. Содержание в щебне посторонних примесей (известковой штукатурки, гипса, органических включений и т. п.) не должно превышать 1 % по массе.

Внимание к проблеме повторного использования бетона в строительном производстве усилилось в конце прошлого столетия ввиду:

- повышения дефицитности природных заполнителей;
- необходимости охраны окружающей среды;
- увеличения количества подвергаемых сносу старых, морально и физически изношенных зданий из железобетона.

В странах ЕЭС ежегодно подвергают разрушению ~ 50 млн т бетонных и железобетонных конструкций и сооружений, в США ~ 60 млн т, в Японии ~ 12 млн т. В Японии, Германии, Дании, Люксембурге и др. странах практически нет территорий для свалок или захоронения бетонного лома. В то же время ряд стран работает на привозном щебне. Выполненные в США исследования показали, что при получении щебня из бетона ОСС расход топлива в 8 раз меньше, чем при его добыче в природных условиях, а себестоимость бетона на вторичном щебне ниже на 25 %. Американские ученые подчеркивают высокую экономичность переработки бетона: стоимость тонны природного заполнителя 3,3\$ США, а тонны вторичного заполнителя 1,67\$ США.

Американская спецификация стандартов на заполнители бетона включает щебень из дробленого бетона на гидравлическом вяжущем. Япония и Нидерланды также ввели в действие стандарты на заполнители из дробленого бетона. В ближайшее время применение рациональных технологических схем переработки отходов бетона и железобетона, использования более современного оборудования и улучшение качества заполнителя из дробленого бетона могут обеспечить его конкурентоспособность с природным щебнем.

Отечественный и зарубежный опыт повторного использования бетона дал возможность допустить применение в качестве заполнителя при приготовлении бетонной смеси дробленого бетона и разработать требования по утилизации бетонных отходов и некондиционного железобетона («Нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона»).

Проблема утилизации отходов старого асфальтобетона актуальна в связи с увеличением дорожного строительства и темпов роста объемов транспортного движения. Ежегодно в Москве скапливается более 1500 тыс. т отходов использованного асфальтобетона.

Получение заполнителей из старого асфальтобетона, – один из наиболее эффективных известных путей рециклинга строительных материалов, – используют для приготовления асфальтобетона или в качестве несущих слоев дорожных конструкций. Использование старого асфальтобетона в бетонных дорожных конструкциях позволяет улучшить эксплуатационную надежность бетонных конструкций без увеличения их стоимости. Например, в Германии в начале XXI века применили ~15 млн т асфальтогранулята, из них 12 млн т (т. е. 80 %) для изготовления нового асфальтобетона. При том, что во всей Германии производство асфальтобетона несколько снизилось и составило менее 63 млн т, применение асфальтогранулята выросло на 19 %.

Проведенные ГУП «НИИМосстрой» исследования физико-механических свойств и долговечности вторичных продуктов переработки асфальтобетонов позволили определить область их использования в разных дорожных конструкциях для повышения качества и долговечности дорог при одновременном снижении их стоимости. Результаты испытаний щебня, полученного при дроблении дорожных и транспортных конструкций, свидетельствуют о возможности использования его частично вместо природного заполнителя для бетонов марок В7,5 и В15.

Совместное дробление асфальтобетона и цементобетона улучшает физико-механические показатели заполнителей, которые можно использовать частично вместо природных заполнителей в бетонах марок В7,5, В15, В22,5. Дробленный асфальтобетон в качестве крупного и мелкого заполнителя (частично – взамен природных заполнителей), пригоден для устройства оснований и подстилающих слоев дорожных конструкций.

Экономическую и техническую целесообразность переработки (регенерации) асфальтобетона обеспечивают широким применением добавок каменных материалов, битума и пластификаторов, улучшающих физико-механические свойства асфальтобетона. Использование старого асфальтобетона вызвано высокой стоимостью минеральных материалов, битума и электроэнергии.

При ремонте дорог в Москве изношенный слой дорожной одежды удаляют фрезерованием. Продукты этого процесса могут вывозить на свалку, использовать на месте для получения нового основания и ремонта обочин дороги или регенерировать на асфальтобетонных заводах. Первый вариант не относится к числу экологически и экономически обоснованных. Второй вариант (использование материала старой одежды непосредственно на полотне дороги) предполагает:

1. фрезерование изношенного покрытия на полную глубину;
2. измельчение;
3. добавку в полученную крошку (по необходимости) каменных материалов и вяжущих;
4. повторное измельчение и перемешивание;
5. укладку полученной смеси;
6. её уплотнение катками.

Фрезерование проводят специальными машинами большой мощности и производительности, способными фрезеровать на глубину 300-600 мм, с ротором диаметром более метра. Такие машины выпускают ведущие зарубежные изготовители строительно-

дорожной техники: Caterpillar (США), Sakai, Niigata и Komatsu (Япония), Wirtgen и Bomag (Германия), Bitelli (Италия). Машины Caterpillar, Bomag и Bitelli построены по одной схеме.

Приведенная технология получила название «холодный ресайклинг», а предназначенные для этой работы машины называют «ресайклерами». Основной рабочий орган ресайклеров – фреза с цилиндрическими резцами. Дополнительно ресайклеры оборудованы роторным смесителем, емкостью и системой для подачи и распределения эмульсии, укладчиком приготовленной смеси с трамбуемым брусом и виброплитой.

Опыт применения данной технологии при устройстве новых покрытий обеспечивает удешевление ремонта дорог на 30 %. Тем не менее, имеют место и отрицательные факты по её применения: дорожное полотно в некоторых случаях получают непрочным, срок его службы существенно сокращен. Способ оправдывает себя при строительстве дорог с малой интенсивностью движения, при ремонте тротуаров и обочин.

Для улучшения физико-механических свойств асфальтогранулята, получаемого в процессе дробления асфальтобетонного лома от разборки старых покрытий при реконструкции и всех видах ремонта дорог и улиц, были сотрудниками проведены исследования, в ходе которых получены следующие результаты. Полученный при разборке покрытий дорог и тротуаров лом асфальтобетона в специальных дробильных установках доводят до нормированного размера зерна, позволяющего плотно заполнять пустоты между щебенкой. Это обеспечивает снижение энергоемкости уплотнения щебеночных оснований, повышение плотности и прочности устроенного слоя нового дорожного полотна.

По подготовленному подстилающему слою распределяют и предварительно уплотняют щебень, затем распределяют по щебню асфальтогранулят и планируют его автогрейдером. Вслед за этим, кирковщиком производят рыхление асфальтогранулята и верхней части слоя щебня, что необходимо для перемешивания щебня и асфальтогранулята и заполнения асфальтогранулятом пустот в слое щебня. Затем снова производят планировку слоя и его окончательное уплотнение катками.

Применение асфальтогранулята позволяет максимально заполнить пустоты в щебне, а содержание некоторого количества битума приводит к тому, что при температуре укладки и уплотнения асфальтобетонного покрытия битум в асфальтогрануляте размягчается, «склеивая» зерна асфальтогранулята и щебня в единый конгломерат и обеспечивая их неподвижность. Заполнение пустот в щебеночном слое асфальтогранулятом повышает плотность основания дорожных одежд, увеличивает прочность покрытия, а модуль упругости основания повышает с исходных 280-300 МПа до 320-340 МПа, т. е. в 1,1-1,2 раза, что увеличивает коэффициент надежности и долговечность дорожных одежд.

Третий вариант (регенерация материала старого покрытия на асфальтобетонных заводах, АБЗ). По сравнению со вторым, третий вариант имеет ряд преимуществ и позволяет:

- использовать весь снятый с дороги асфальтобетон;
- широко применять добавки каменных материалов, битума и пластификаторов при регенерации;
- получать готовую 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 %).

Экономия энергии зависит от:

- количества добавляемого нового каменного материала и битума, а также дальности их транспортировки;
- способа удаления старого покрытия и дальности его транспортировки;
- методов дробления снятого асфальтобетонного покрытия;
- технологии регенерации;
- влажности регенерируемого асфальтобетона и каменных материалов.

Технология использования старого асфальтобетона для приготовления на заводах новых асфальтобетонных смесей включает:

- снятие с полотна дороги изношенного асфальтобетона;
- транспортировку материала на АБЗ;
- дробление асфальтобетона (снятого не фрезой);
- разогрев и перемешивание старого асфальтобетона в специальных установках с добавлением (или без добавления) новых минеральных материалов, битума и пластификатора.

Применение дробленого старого асфальтобетона значительно повышает производительность регенерационных установок и позволяет точнее выдержать требуемую рецептуру смеси. Для регенерации асфальтобетона, наряду со специальными, используют также обычные асфальтосмесительные установки, дополненные оборудованием для хранения, транспортирования и дозирования старого асфальтобетона. Увеличение влажности асфальтобетона требует значительного увеличения температуры нагрева каменных материалов.

В специальных установках для регенерации асфальтобетона (производительность которых составляет от 100 до 500 т/ч) часто применяют сушильный барабан, обеспечивающий перемешивание загружаемых материалов.

За рубежом прослеживается устойчивая тенденция к расширению использования регенерации старого асфальтобетона в заводских условиях. В Москве прямо противоположная тенденция: фрезерованную асфальтовую крошку (60-70 % от объема образования асфальтобетонных отходов) сразу возвращают в хозяйственный оборот (либо непосредственно на ремонтируемом объекте, либо направляют в Московскую область). Использование старого асфальтобетона для приготовления асфальтобетонных смесей снижает расход минеральных материалов и битума, уменьшает потребление энергии, уменьшает общие расходы при строительстве и ремонте дорог на 20-30 %. Для регенерации асфальтобетона большое распространение за рубежом получили специальные асфальто-смесительные установки, в которых нагрев и перемешивание компонентов смеси производятся в сушильных барабанах с поточным движением материалов и газов и в сушильно-смесительных барабанах с принудительным перемешиванием смеси. Для переработки в регенерационных установках используют дробленый асфальтобетон с наибольшим размером кусков 20-40 мм. В качестве добавок к нему применяют песок и щебень в количестве 20-50 %, битум 2-3,5 % и пластификатор (жидкий битум, ароматические масла) 0,3-1 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олейник П.П. Единая система переработки строительных отходов. – М.: Свр-АРГУС, 2006.
2. Hendrics Ch., Jansen G. Use of recycled materials in construction. *Materials and Structures*. V.263 / November 2003.
3. Лунев Г.Г., Костецкий Н.Ф. Методологические основы комплексного использования вторичных строительных ресурсов. – Интернет-журнал «Науковедение». – Вып.1. – 2014. – 42TVN114.
4. Колосков В.Н., Олейник П.П., Тихонов А.Ф. Разборка жилых зданий и переработка их конструкций и материалов для повторного использования. – М.: Изд-во АСВ, 2004. <https://naukovedenie.ru/PDF/42TVN114.pdf>.
5. Олейник П.П., Олейник С.П. Организация системы переработки строительных отходов. – М.: МГСУ, 2009. – 250 с.
6. Олейник П.П., Григорьева Л.С. Организация системы управления переработкой строительных отходов. – Интернет-вестник ВолгГАСУ. – Сер.: Политематическая. – 2014. – Вып. 2 (33). – Ст. 25. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>.
7. Олейник П.П., Бродский В.И. Организация управления переработкой строительных отходов. – Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. – №10. – 2013. – С. 20-28.
8. Безопасность жизнедеятельности. Организационно-антропотехническая надежность функциональных систем мобильной среды строительного производства. Серия «Инфографические основы функциональных систем» (ИОФС) / Под ред. В.О. Чулкова. – М.: Изд-во АСВ, 2003.
9. Гинзбург А.В., Цыбульская О.М. Построение среднесрочного прогноза объемов образования строительства и сноса (на примере Московского строительного комплекса) // Сб. науч. тр. «Системный анализ, управление и обработка информации в строительстве». – Вып. №1. – М.: МГСУ, 2006.
10. Производство и использование строительных материалов, изделий и систем: Том 3 Остатки деятельности: мусор и отходы. Обращение с отходами, их рециклинг и использование. Серия «Инфографические основы функциональных систем» (ИОФС) / Под ред. В.О. Чулкова. – Изд. второе, перераб. и доп. – М.: Свр-АРГУС, 2011.

Chulkov Vitali Olegovich

National research Moscow state building university, Moscow, Russia
E-mail: vitolch@gmail.com

Nazirov Bakhruz Ehl'chin ogly

National research Moscow state building university, Moscow, Russia
E-mail: r.turluttu-2011@mail.ru

Recycling of construction and demolition waste during renovation of territories and pavements of large cities

Abstract. In the process of urbanization of large cities in different countries, there are similar problems of reorganization, involving the demolition of physically and morally obsolete buildings and structures, as well as the subsequent construction reorganization of the territories vacated or re-cut to the city. In the process of demolition of obsolete buildings and structures, as well as the construction of new buildings, inevitably significant amounts of waste and construction debris arise that should be recycled as much as possible into secondary building materials (to carry out the so-called "recycling" of waste). Types of construction reorganization of urban areas are divided into traditional, widely known and standardized (repair, reconstruction, restoration), and innovative, arising in the processes of reorganization of society. Among the innovative types of construction reorganization, renovation is currently the most relevant, meeting the need to renovate the dilapidated housing stock of cities. The article discusses the main types of construction waste generated during demolition and new construction, as well as the technologies used for recycling these wastes during the renovation of territories and pavements of large cities.

Keywords: processing of concrete and reinforced concrete products; use of recycled rubble; asphalt concrete; asphalt granulate

REFERENCES

1. Oleynik P.P. (2006). Edinaya sistema pererabotki stroitel'nykh otkhodov. [*Unified construction waste recycling system.*] Moscow: SVR-ARGUS.
2. Hendrics Ch., Jansen G. (2003). Use of recycled materials in construction. *Materials and Structures*, (263).
3. Lunev G.G., Kostetskiy N.F. (2014). Methodological bases of complex use of building resources. *Naukovedenie*, [online] 1(6). Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/42TVN114.pdf> (in Russian).
4. Koloskov V.N., Oleynik P.P., Tikhonov A.F. (2004). Razborka zhilykh zdaniy i pererabotka ikh konstruktsiy i materialov dlya povtornogo ispol'zovaniya. [*Dismantling residential buildings and recycling their structures and materials for reuse.*] Moscow: ACB publishing house.
5. Oleynik P.P., Oleynik S.P. (2009). Organizatsiya sistemy pererabotki stroitel'nykh otkhodov. [*Construction waste recycling system organization.*] Moscow: Moscow State University of Civil Engineering, p. 250.
6. Oleynik P.P., Grigor'eva L.S. (2014). Construction waste management system organization. *Vestnik*, [online] 2(33). Available at: <http://www.vestnik.vgasu.ru/> (in Russian).
7. Oleynik P.P., Brodskiy V.I. (2013). Management of construction waste recycling. *Bulletin of the Dnieper State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 10, pp. 20-28 (in Russian).
8. (2003). *Life Safety. Organizational-anthropotechnical reliability of functional systems of the mobile environment of construction production.* [Russ. ed.: Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. Organizatsionno-antropotekhnicheskaya nadezhnost' funktsional'nykh sistem mobil'noy sredy stroitel'nogo proizvodstva. Ed. by V.O. Chulkov. Moscow: ACB publishing house].
9. Ginzburg A.V., Tsybul'skaya O.M. (2006). Postroenie srednesrochnogo prognoza ob'emov obrazovaniya stroitel'stva i snosa (na primere Moskovskogo stroitel'nogo kompleksa). [*Construction of the medium-term forecast of the volume of construction and demolition (for example, the Moscow construction complex).*] Moscow: Moscow State University of Civil Engineering.
10. (2011). *Production and use of building materials, products and systems: Volume 3 Remains of activities: garbage and waste. Waste management, recycling and use.* [Russ. ed.: Proizvodstvo i ispol'zovanie stroitel'nykh materialov, izdeliy i sistem: Tom 3 Ostatki deyatel'nosti: musor i otkhody. Obrashchenie s otkhodami, ikh retsikling i ispol'zovanie. Ed. by V.O. Chulkov. Moscow: SVR-ARGUS].