

EKOLOGIYA VƏ ƏTRAF MÜHİTİN MÜHAFİZƏSİ

УДК 502.55

¹ГАБИБОВ Ф.Г., ²ДАНЯЛОВ Ш.Д., ³ГАБИБОВА Л.Ф.

¹*Азербайджанский Научно-Исследовательский Институт Строительства и Архитектуры*

²*Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет*

³*Компания «HALLY BURTON», США*

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ КРУПНОТОННАЖНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ И РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

1. Введение. Утилизация, управление и переработка твердых бытовых отходов (ТБО) в крупных мегаполисах и населенных пунктах являются актуальными проблемами инженерной экологии. Отдельные обобщенные исследования в этой области приведены в монографиях Г.Доусона и Б.Мерсера [1], И.И. Мазура и О.И. Молдованова [2], В.И. Сметанина [3], М.Е.Краснянского [4], Л.Я.Шубова и др. [5], Т.Б.Агаева [6], Ф.Г.Габибова [7] и др.

Твердые бытовые (или коммунальные) отходы населенных пунктов составляют около 1,5% от всех отходов. Однако с ними приходится сталкиваться повседневно и, кроме того, они образуются большей частью в весьма стесненных местах активной жизнедеятельности подавляющего большинства населения.

Технологии переработки ТБО весьма разнообразны, специфичны и серьезно различаются в зависимости от того или иного их вида.

Первый и основной этап переработки чаще всего включает дробление и классификацию. Под классификацией понимается исключительно разделение материала по крупности. Дробление и классификацию производят в дробильно-сортировочных комплексах (ДСК).

Накопление ТБО в мегаполисах складывается из различных их видов. Морфологический состав ТБО в процентном содержании может отличаться не только в зависимости от региона, но даже в одном регионе в течении суток.

Исследования в различных регионах поз-

воляют заключить, что наличие имеется достаточно большое количество перерабатываемых компонентов, оставшиеся после предварительного разбора компоненты, в числе которых в основном пищевые отходы, тоже могут быть переработаны и пущены во вторичное использование, например, с получением почвогрунта.

В населенных пунктах образуется большое число отходов, которые условно относят к ТБО. В частности это строительные отходы, электронный и электротехнический скрап и кабель, резинотехнические отходы, включая автомобильные покрышки и другие. Часто эти отходы накапливаются раздельно для последующей утилизации, реже перерабатываются на месте образования.

Конструктивные схемы вибрационных машин, применяемых ДСК для переработки отходов, в основном одинаковы и не имеют существенных отличий по сравнению с машинами для переработки полезных ископаемых. Вибрационные машины ДСК являются основой для проектирования линий рециклинга отходов. Вибрационное оборудование имеет принцип действия, описанный в целом ряде работ, например, в работе Л.А. Вайсберга [8], и позволяет придать машинам и оборудованию аналогичного назначения совершенно другую, более высокую эффективность и лучшие технологические, режимные, энергетические и другие параметры.

Это стало возможным, в частности, благодаря положенным в основу конструирования современных вибрационных машин осново -

полагающим принципам вибрационной механики и физическим эффектам, возникающим при действии вибрации на линейные и нелинейные механические системы и позволяющим добиться значительных преимуществ перед машинами аналогичного назначения. Так, при воздействии вибраций на материал используется: эффект внутрислойного вибрационного дробления и измельчения; принцип вибрационного перемещения.

В конструкциях вибрационных машин заложены:

- принцип уравнивания масс вибромашины в целом или масс ее отдельных частей;
- принцип центрирования действующих сил;
- эффект самосинхронизации вращения дебалансов;
- эффект автобалансирования движущихся масс.

Благодаря этим принципам и эффектам вибромашины имеют в том числе следующие преимущества перед машинами аналогичного назначения: увеличение режимных параметров и производительности; сокращение стадийности; возможность пуска и остановки под нагрузкой; исключение поломок при попадании недробимых тел; снижение энергозатрат и массы; уменьшение капитальных затрат и сокращение обслуживающего персонала; улучшение качества продукта; расширение области применения.

2. ДСК для переработки отдельных видов ТБО. К крупногабаритному мусору (КГМ) относятся отходы, по габаритам не помещаются в стандартные контейнеры. Этот вид отходов составляет всего около 5% общего объема ТБО, но в каждой его тонне содержится до 700 кг утилизируемых фракций.

Анализ КГМ показывает, что примерно две его трети по массе составляют легкосгораемые компоненты. Сбор этих отходов производится в бункеры-накопители вместимостью до 12 м³.

Растущий уровень жизни населения все быстрее увеличивает объемы образования отходов. Однако зачастую доставка некомпакт-

ного КГМ к месту переработки или на свалку оказывается нерентабельной, т.к. он занимает большой объем, новые полигоны располагаются все дальше от черты города, растут цены на горючее.

Между тем, существуют оборудование и технологии, позволяющие дробить КГМ в специальных установках до фракции обычного мусора, расходы на утилизацию которого в настоящее время покрываются коммунальными платежами и бюджетом. Продукт дробления в этом случае прессуется и вывозится в контейнерах для дальнейшего захоронения или сжигания.

НПК «Механобр-техника» (Российская Федерация) разработала законченную технологическую линию для переработки КГМ на базе крупной валково-ножевой дробилки ДНВ - 1700×900 и современных автоматических сепараторов.

Созданная технология позволяет максимально извлечь полезные фракции, для чего используется предварительное разделение мусора по видам с использованием манипулятора-грейфера. На конвейерной ленте, транспортирующей «дробленку», по мере надобности могут быть организованы один-два поста для ручной подсортировки.

Как известно, КГМ отличается большими габаритами дробимых предметов и их разнородными свойствами. Возможности валково-ножевой дробилки, позволяют измельчать специфические предметы типа чугунных радиаторов, пружинных диванов и т.п., которые не всегда поддаются переработке на более дорогих иностранных аналогах подобных дробилок.

Отслужившая бытовая техника содержит большое количество деталей из цветных металлов. Поэтому линия по переработке КГМ оснащается электродинамическим сепаратором СЭ-292, в конструкции которого используется взаимодействие магнитных полей, образованных от постоянных магнитов и от вихревого электрического тока в результате индукции в металлических предметах. Надо отметить, что эти сепараторы дорогостоящие

из-за применения в их конструкциях мощных постоянных магнитов. Кроме того, они подлежат обязательной санитарной сертификации в связи с необходимостью обеспечения безопасности обслуживающего персонала.

3. Крупнотоннажные строительные отходы. Практически повсеместно в практике крупнотоннажные строительные отходы (КСО), включая брак при изготовлении железобетонных изделий, хаотично складировуются на территориях предприятий или вывозятся, в том числе на стихийные свалки. И только в единичных случаях такие отходы перераба-

тываются.

Связано это с тем, что рынок рециклинга предлагает в основном обычные щековые дробилки зарубежного производства, в частности мобильные ДСК, в большинстве случаев позволяющие измельчать непрочные однородные куски КСО. Однако в НПК «Механобр-техника» (РФ) созданы дробилки нового поколения типа ВШД, которые составляют основу технологических линий для переработки строительных отходов, содержащих железобетонные конструкции, и получения вторичного строительного щебня (рис.1).

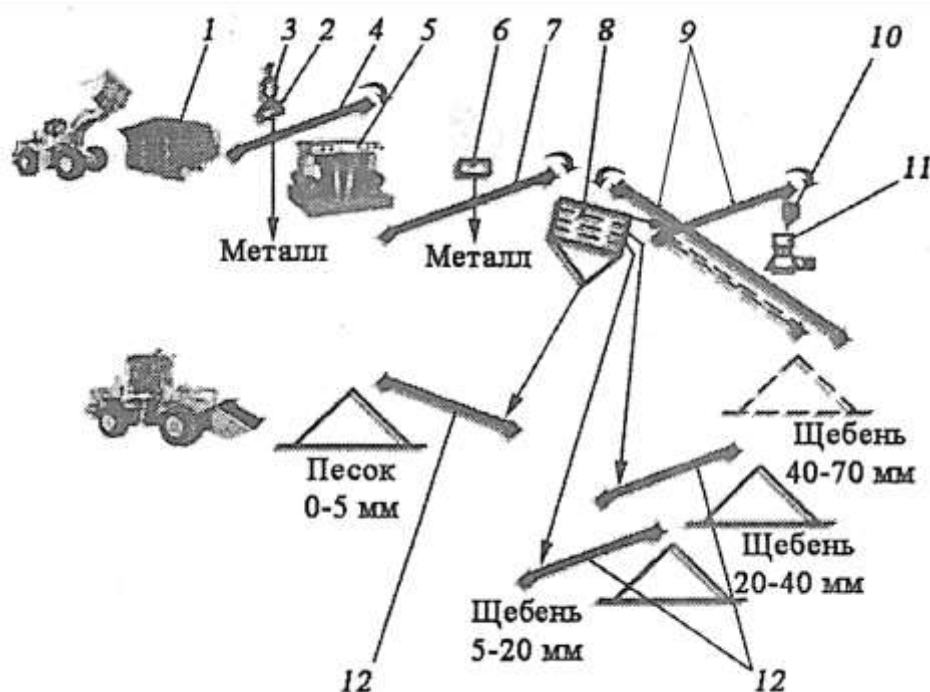


Рис. 1. Схема ДСК для переработки КСО:

1 – вибративный питатель ДРО-585; 2 – железотделитель ЭЖ-80; 3 – электрическая таль; 4 – конвейер; 5 – виброщековая дробилка ВЩД; 6 – железотделитель ЭЖС-100; 7 – конвейер; 8 – грохот ГИС-53Т; 9 – конвейер; 10 – бункер с шиббером; 11 – конусная инерционная дробилка КИД; 12 – конвейер

Важнейшая особенность этих дробилок – пропускать под действием вибраций через рабочую камеру предметы значительной длины и отделять стальную арматуру от бетона, что позволяет использовать дробилку для переработки отходов железобетона.

Технические характеристики комплек-

сов по переработке КСО приведены в таблице 1.

Исходным сырьем для переработки могут служить:

- строительные отходы в виде некондиционных бетонных и железобетонных изделий;
- изделия и конструкции, отслужившие свой

- срок эксплуатации, в том числе полученные в процессе демонтажа строительных объектов;
- бетонные и железобетонные изделия, получившие механические повреждения при монтаже и транспортировании;
- отходы строительного производства, товарного бетона, прошедшего предварительное разрушение, размером частей 350–500 мм.

Таблица 1.

Основные характеристики комплексов по переработке КСО

Наименование	Тип комплекса		
	КПСО-1	КПСО-2	КПСО-3
Перерабатываемые сырые	Строительные отходы (бетонный и железобетонный лом)		
Установленная мощность, кВт	300	330	300
Максимальная крупность исходного куска, мм	350	350	500
Размеры приемного отверстия, мм	440×800	440×1200	600×800
Режим работы	260 дней, 2 смены по 8 ч		
Выпуск щебня, м³/ч	10,0	15,0	20,0
То же, тыс. м³/год	33,2	49,8	66,4
В том числе размером, мм			
20-40	16,3	24,5	32,6
5-20	16,9	25,3	33,8
Выпуск песка из отсевов дробления 0-5 мм, тыс. м³/год	7,6	11,4	15,2

В результате переработки КСО получается несколько видов товарной продукции: вторичный строительный щебень крупной и мелкой фракции и арматурная сталь:

- крупная фракция дробленного бетона (размер частиц 5 – 40 мм) из зерен природного щебня или гравия, покрытых остатками растворной части;
- мелкая фракция дробленного бетона (размер частиц меньше 5 мм) из измельченных частиц цементного камня и зерен природного песка;
- арматурная сталь (стержневая арматура, сетки, пространственные каркасы, закладные детали), деформированная в той или иной степени.

4. Резинотехнические отходы. В последние десятилетия во многих странах большое внимание уделяется проблеме использования растущего количества резинотехнических отходов (РТО), в том числе изношенных шин, которые являются одним из самых многотоннажных полимерных отходов. Вышедшие из эксплуатации шины (автопокрышки)

в огромных количествах накапливаются в местах их применения. Возвращение в производство продуктов переработки изношенных шин, содержащих большое количество армирующих металлических материалов и текстильного корда, а также резины, технические свойства которой были бы близки к первоначальным свойствам, является источником экономии природных ресурсов, потребности в которых непрерывно растут, а их стоимость постоянно повышается.

Кроме того, ликвидация свалок изношенных шин позволяет освободить для использования по другому назначению значительные площади занимаемых земель.

Способов переработки РТО достаточно много и из них можно выделить следующие: механическое дробление и измельчение резины; измельчение при предварительном замораживании резины (криогенный способ); тепловая переработка (пиролиз, термолиз); баромеханическое измельчение.

ДСК для переработки РТО предназначен для получения широкого ассортимента про-

дукции: резиновой крошки путем последовательного механического измельчения и разделения РТО; регенерата методом активизированной термомеханической деструкции резиновой крошки и разнообразных резинотехнических изделий в них. Регенерат, полученный путем переработки РТО, позволяет экономить каучук, наполнители, пластификаторы при использовании в резиновых смесях, что значительно удешевляет стоимость готовых изделий. ДСК, созданный в НПК «Механобр-техника» (РФ) имеет следующие технические параметры:

- производительность, кг/ч – 2000;
- установленная мощность, кВт – 635;
- средний удельный расход энергии, кВт·ч/т – 300;
- размер дробленой резины на выходе, мм – от 100×100 до 10×10;
- крупность резиновой крошки, мм – 5-12; 0-1;
- производственная площадь, м² – 420;
- расход воды, л/ч – 20-50;
- общая масса, т – 96;
- время работы в сутки, ч – 12.

Комплекс способен перерабатывать около 10 тыс. т/год утилизируемого сырья. Исходным сырьем могут быть:

- отходы производства резинотехнических изделий;
- изношенные автопокрышки с металлокордом и без него диаметром до 1200 мм и шириной 400 мм.

Для получения регенерата исходным сырьем служит резиновая крошка фракций 5-10 мм, получаемая в процессе переработки РТО. Переработка материала производится в замкнутых объемах как при измельчении, так и при перегрузках, что дает возможность подключить к такому комплексу систему аспирации и выделить текстильное волокно, а также исключить выбросы текстильной пыли и мелких резиновых частиц в пространство производственных помещений. Нормы образования отходов технологического процесса: текстильный пух – не более 10% от исходного сырья.

Конечными продуктами комплекса являются:

- резиновая крошка фракций до 1,5 мм, 1,5-2,5 мм, 2,5-5,0 мм;
- металлолом (металлическое бортовое кольцо, тонкие куски металлической проволоки размером 10-25 мм);
- регенерат;
- текстильный пух.

Комплекс имеет три стадии переработки исходного сырья. В зависимости от комплектации оборудования (табл. 2) на каждой стадии можно получать на выходе разные продукты переработки. В таблице 2 приведена характеристика основного оборудования комплекса по переработке РТО [9].

На первой стадии, где происходит предварительная переработка целых утилизированных автомобильных покрышек большого диаметра, получают куски резины 100×100 мм, а также металлическое бортовое кольцо. На этой стадии используется следующее оборудование: машина для разрезания бортового кольца; машина для удаления бортового кольца; одновалковая ножевая дробилка.

На второй стадии обеспечивается переработка кусков резины 100×100 мм в дробленую резину размером от 50×50 мм до 10×10 мм, а также в резиновую крошку от 5 мм до 1 мм. Технологический процесс на этой стадии позволяет выделять тонкие куски металлической проволоки и текстильный пух. Применяемое оборудование: двухвалковая ножевая дробилка; ударно-роторный дезинтегратор; вибросита; воздушный классификатор; система аспирации с рукавным фильтром.

На третьей стадии происходит переработка дробленой резины размером 5-10 мм в регенерат при помощи специальной машины.

Далее из регенерата получают различные изделия: модифицированный битум, резиновые коврики, брызговики для автомобилей и т.д. Любой промежуточный продукт имеет применение как товарный и может быть реализован потребителю.

Таблица 2

Характеристика основного оборудования комплекса по переработке резинотехнических отходов

Наименование оборудования	Назначение	Параметры
Одновалковая ножевая дробилка	Предварительная резка исходного сырья до 30-50 мм	Производительность, т/ч 15 Габариты $L \times B \times H$, мм,.....2800×3140×3945 Масса, кг..... 30 000 Мощность, кВт..... 160
Двухвалковая ножевая дробилка		Производительность, т/ч..... 2,5 Габариты $L \times B \times H$, мм...6000×2700×3000 Масса, кг.....20 000 Мощность, кВт..... 110
Ударно-роторный дезинтегратор	Измельчение резины до 10-15 мм; выбивание металлокорда и измельчение его до 8-10 мм	Габариты $L \times B \times H$, мм.....3000×2500×1800 Масса, кг.....6500 Мощность, кВт.....110
Сепаратор магнитный	Разделение материала на магнитный и немагнитный продукт	Производительность, т/ч..... 2,5 Габариты $L \times B \times H$, мм...1000x1400x1500 Масса, кг.....560 Мощность, кВт..... 2,2
Вибросито	Разделение материала на технологические потоки или на фракции	Производительность, т/ч.....2,7 Габариты $L \times B \times H$, ...1800×2500×1500 Масса, кг.....1250 Мощность, кВт.....2,2
Вальцы дробильные	Дробление материала размером 10-15 мм до фракций: 5—20 мм, 2,5—5 мм, 0—2,5 мм	Производительность т/ч.....0,6 Габариты $L \times B \times H$, мм...4800×2800×800 Масса, кг.....14100 Мощность, кВт.....113,4
Машина получения регенерата	Переработка резиновой крошки фракции 5—20 мм в регенерат	Производительность, т/ч.....0,1-0,2 Габариты $L \times B \times H$, мм..... 4300x1000x2700 Масса, кг.....2800 Мощность, кВт.....77,5
Гильотина	Первичная переработка шин	Габариты $L \times B \times H$, мм... 3820×1200×1600 Масса, кг.....1,2 Мощность, кВт.....10
Машина для удаления бортового кольца	Первичная переработки шин	Габариты $L \times B \times H$, мм..... 3600×500×1520 Масса, кг..... 0,78 Мощность, кВт.....7
Машина для получения гранул из отходов РТИ	Переработка отходов РТИ	Габариты $L \times B \times H$, мм...2600×1040×1380 Масса, кг.....2,1 Мощность, кВт.....75

Комплекс по переработке утилизированных автопокрышек может эксплуатироваться как в составе предприятия-поставщика отходов, так и независимо от него – в виде самостоятельного предприятия.

Комплексы с получением регенерата целесообразно размещать на площадях предприятий, занятых производством резинотех-

нических изделий. На таких предприятиях имеется оборудование, позволяющее переработать регенерат в профилированные изделия, вводить его в сырые резиновые смеси, производить смещение регенерата с мелкими фракциями резиновой крошки, получать из такой смеси готовые изделия.

Кроме того, регенерат можно смешивать

с битумом в смесителе, образуя так называемую маточную смесь. Такой процесс называют модификацией битумов. Регенерат из-за нахождения в нем большого количества низкомолекулярных цепей растворяется в битуме полностью, не оставляя набухших частиц. При этом свойства модифицированного битума резко улучшаются. Модифицированный битум можно с успехом использовать для производства асфальтов.

Перспективно смещение регенерата с текстильными волокнами и получение при этом резинопласта, тем более, что такой материал можно получать непосредственно на выходе машины для производства регенерата, т.е. в рамках технологической линии по переработке утилизированных автомобильных покрышек.

Ниже перечислены области применения вторичных материалов:

- искусственные покрытия футбольных полей, теннисных кортов, площадок для игры в гольф, при строительстве спортивных сооружений;
- покрытие детских дворовых площадок (при смещении с полиуретанами);
- засыпка полостей при выработке горных пород;
- изготовление трамвайных и железнодорожных переездов;
- изготовление гидроизолирующих мастик на основе битумов;
- использование кусков тонкой металлической проволоки в качестве металлической фибры для изготовления фибробетонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доусон Г., Мерсер Б. Обезвреживание токсичных отходов. М.: Стройиздат, 1996, 288 с.
2. Мазур И.И., Молдованов О.И. Курс инженерной экологии. М.: Высшая школа, 1999, 447 с.
3. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. М.: Колос, 2000, 232 с.
4. Краснянский М.Е. Утилизация и рекуперация отходов. Харьков, Киев: Бурун и К, КТН, 2007, 228 с.
5. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Олейник А.В. Технология твердых бытовых отходов. М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011, 400 с.
6. Агаев Т.Б. Региональная система управления утилизацией твердых муниципальных отходов. М.: Георесурс, 2010, 506 с.
7. Габибов Ф.Г. Геоэкология. Гидротехника. Избранные труды. Saarbrücken, Deutschland, 2016, 305 с.
8. Вайсберг Л.А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов. М.: Недра, 1986, 144 с.
9. Вайсберг Л.А., Картавый А.Н. Дробительно-сортировочные комплексы в технологиях переработки твердых промышленных и коммунальных отходов. «Безопасность жизнедеятельности», №2 (приложение к журналу), 2009, 24 с.

**Габибов Ф.Г., Данялов Ш.Д.,
Габибова Л.Ф.**

Механические комплексы для переработки крупнотоннажных строительных и резинотехнических бытовых отходов

АННОТАЦИЯ

В статье проанализирована разработанная в НПК «Механобр-техника» (Российская Федерация) законченная технологическая линия для переработки КГМ на базе крупной валково-ножевой дробилки и современных автоматических сепараторов. Созданная технология позволяет максимально извлечь полезные фракции, для чего используется предварительное разделение мусора по видам с использованием манипулятора - грейфера. Практически повсеместно в практике крупнотоннажные строительные отходы, включая брак при изготовлении железобетонных изделий, хаотично складываются на территориях предприятий или вывозятся, в том числе на стихийные свалки. Показаны дробилки

нового поколения, которые составляют основу технологических линий для переработки строительных отходов, содержащих железобетонные конструкции, и получения вторичного строительного щебня. Дробильно-сортировочный комплекс для переработки резинотехнических отходов предназначен для получения широкого ассортимента продукции: резиновой крошки, измельченной металлической проволоки; регенерата методом активизированной термомеханической деструкции резиновой крошки и разнообразных резинотехнических изделий в них.

Ключевые слова: технология, дробильно-сортировочный комплекс, строительный отход, переработка, железобетон, конструкция, регенерат, щебень, резина.

**Həbibov F.H., Danyalov Ş.D.,
Həbibova L.F.**

**Böyük tonnajlı inşaat və rezin texniki
məişət tullantılarının təkrar emalı üçün
mexaniki komplekslər**

XÜLASƏ

Məqalədə “Mexanobu-teönika” ESK (Rusiya Federasiyası) işlənmiş yekə vallı-bıçaqlı parçalayıcı və müasir avtomatlı separator bazasında böyük qabaritli zibilin təkrar emalı üçün axıra çatdırılmış texnoloji xətt təhlil edilib. Yaradılmış texnologiya qreyfer-manipulyatorun istifadəsi ilə dəyərli fraksiyaları götürmə ilə zibil əvvəlcədən ayrılır. Praktiki olaraq hər yerdə böyüktonnajlı inşaat tullantılarına rast gəlinir. Burların içində dəmir-beton elementləri hazırlanan zaman yaranan brak da var. Bunlar xaotik olaraq müəssisələrin ərazisində yığılırlar, ya da kor-təbii zibilxanalara tullanırlar. Yeni parçalayıcılar göstərilənlər hansılar dəmir-beton konstruksiyalar tərkibdə olan tikinti tullantıları təkrar emal edirlər və yenidən çınqıl əldə edirlər. Rəzin texniki tullantıların təkrar emalı üçün parçalayıcı-ayırıcı kompleksin köməyi ilə aşağıdakı xam mal assortimenti alınır: rezin tozu, xırdalanmış dəmir məftili, regenerat. Termomexanik destruksiya üsulu ilə rezin tozdan cürbəcür re-

zin-texniki əşyalar yaradılır.

Acar sözlər: texnologiya, parçalayıcı-ayırıcı kompleks, inşaat tullantıları, təkrar emal, dəmir-beton, konstruksiya, regenerat, çınqıl, rezin.

**Gabibov F.G., Danyalov Sh.D.,
Habibova L.F.**

**Mechanical complexes for processing
of large-tonnage construction and
rubber household waste**

ABSTRACT

The article analyzes the complete technological line for the processing of KGM developed at the NPK “Mekhanobr-tekhnika” (Russian Federation) based on a large roll-knife crusher and modern automatic separators. The created technology makes it possible to extract useful fractions to the maximum, for which purpose a preliminary separation of waste by type is used using a manipulator-grab. Almost everywhere in practice, large-tonnage construction waste, including defects in the manufacture of reinforced concrete products, is randomly stored on the territories of enterprises or taken out, including to spontaneous landfills. Crushers of a new generation of the type are shown, which form the basis of technological lines for the processing of construction waste containing reinforced concrete structures and the production of secondary building rubble. The crushing and sorting complex for processing rubber waste is designed to produce a wide range of products: crumb rubber, shredded metal wire; regenerate by the method of activated thermomechanical destruction of rubber crumb and various rubber products in them.

Key words: technology, crushing and screening complex, construction waste, processing, reinforced concrete, construction, reclaimed stone, crushed stone, rubber.

*Отзыв дал на статью и.о. доцента
кафедры «ЧС и БЖД» АЗАСУ,
д.ф.т.н. А.Г. Ахмедова*