

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СФЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МУСОРСОРТИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ, ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КРУПНОГАБАРИТНЫЕ ОТХОДЫ

PROMISING METHODS OF ORGANIZATION AND AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE FIELD OF DESIGN OF WASTE SORTING COMPLEXES PROCESSING LARGE-SIZED WASTE

**D. Martynov
N. Chechetkina
R. Usmanova
V. Brizhanin**

Summary. An urgent task at the design stage of waste sorting complexes located on the territory of large settlements or landfills for the processing of MSW is the creation of a modern automated system for the collection and processing of bulky waste (CSW). The size of the CSF does not allow them to be processed at incinerators and directly in the body of the MSW landfill without preliminary sorting and crushing into smaller fractions. At the same time, for reasons of economic and environmental expediency, it is also desirable to recycle MSW with a high metal content, including recyclable household appliances, separately, with the allocation of valuable recyclable elements. The article discusses solutions related to the modern organization and automation of technological processes aimed at: speeding up sorting processes; increasing the volume of recoverable and commercially sold recyclables; automated accounting of the volume and mass of recyclable waste and the resulting recyclables. The solutions proposed in the article in the field of control and automation of technological processes can be used by design organizations and regional operators engaged in the transportation and processing of bulky waste.

Keywords: bulky waste, recycling, automation, automated control systems, waste sorting complexes, recyclables, technological process.

Мартынов Дмитрий Юрьевич

Кандидат технических наук, старший преподаватель,
ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России
d.martynov@agz.50.mchs.gov.ru

Чечеткина Нина Владимировна

Кандидат технических наук, доцент, ФГБВОУ ВО
Академия гражданской защиты МЧС России
n.chechetkina@agz.50.mchs.gov.ru

Усманова Регина Равильевна

Доктор технических наук, профессор, ФГБВОУ ВО
Академия гражданской защиты МЧС России
r.usmanova@agz.50.mchs.gov.ru

Брижанин Владимир Владимирович

кандидат юридических наук, доцент,
ФГБОУ ВО Российский экономический университет
имени Г.В. Плеханова
brizhanin.vv@rea.ru

Аннотация. Актуальной задачей на стадии проектирования мусоросортировочных комплексов, расположенных на территории крупных населенных пунктов или полигонов по переработке ТКО, является создание современной автоматизированной системы сбора и переработки крупногабаритных отходов (КГО). Размер КГО не позволяет перерабатывать их на мусоросжигательных заводах и непосредственно в теле полигона ТКО без предварительной сортировки и дробления на более мелкие фракции. При этом, по соображениям экономической и экологической целесообразности ТКО с большим содержанием металлов, включая утилизируемую бытовую технику также желательно перерабатывать отдельно с выделением ценных элементов вторсырья. В статье рассмотрены решения, связанные с современной организацией и автоматизацией технологических процессов, направленные на: ускорение процессов сортировки; увеличение объемов извлекаемого и коммерчески реализуемого вторсырья; автоматизированный учет объема и массы перерабатываемых отходов и получаемого вторсырья. Предложенные в статье решения в сфере управления и автоматизации технологических процессов могут быть использованы проектными организациями и региональными операторами, осуществляющими транспортировку и переработку крупногабаритных отходов.

Ключевые слова: крупногабаритные отходы, переработка, автоматизация, АСУП, мусоросортировочные комплексы, вторсырье, технологический процесс.

Постановление Правительства Российской Федерации от 7 марта 2025 г. № 293 «О порядке обращения с твердыми коммунальными отходами» определяет «крупногабаритные отходы», как твердые коммунальные отходы (мебель, бытовая техника, отходы от текущего ремонта жилых помещений), размер которых не позволяет осуществить их складирование в контейнерах [1]. К крупногабаритным отходам также могут быть отнесены вышедший из употребления спортивный инвентарь и древесные остатки (ветки, стволы, доски). Мусоросборник (которым как правило является контейнер объемом от 7 до 26 кубометров), предназначенный для складирования крупногабаритных отходов в постановлении правительства № 293, обозначен словом «бункер», в дальнейшем в статье контейнеры, в которых будут доставляться на переработку, крупногабаритные отходы будут обозначены как бункеры КГО [1].

Большое значение в работе мусоросортировочного комплекса имеет автоматизация процесса сортировки, переработки крупногабаритных фракций и системы производственного (в том числе складского) учета. Так на всем предприятии может быть установлена система идентификации бункеров за счет применения RFID оборудования и установки на бункерах чипов [2]. В качестве примера можно привести систему RFID чипов и считывания информации с чипа на расстоянии до 20 метров используемые ранее в ГУП «Экотехпром», а затем после реорганизации в АО «Экотехпром» города Москвы. Чип, радиометка закрепленная на бункере передает данные на антенну, которая может быть установлена как на местах погрузки и разгрузки мусора на территории мусоросортировочного комплекса, так и на контейнеровозах и передавать данные при размещении на заданном участке выгрузке бункера при его подъеме в вертикальное положение, так и при выгрузке бункера в горизонтальном положении на место складирования. Программные продукты, связанные с автоматизированным учетом оборота коммунальных отходов и вторичного сырья в нашей стране разрабатываются достаточно давно, в этой связи можно отметить программные продукты таких компаний как Фирма «1С» (старая версия «Предприятие 8. Управление переработкой отходов и вторсырья», и новая «ERP Управление предприятием») и Группы компаний Форс (автоматизированный контроль за оборотом отходов) [3, 4]. Ввиду постоянно изменяющегося состава крупногабаритных отходов, необходимости учитывать, объем массу, и, объемы и качество получаемого вторсырья на всех стадиях сортировки, влажность выделенной органической части отходов весьма перспективным выглядит применение программы Гольфстрим компании «Аскон», позволяющей объединить данные с систем и датчиков контроля с данными о объеме переработки твердых коммунальных отходов, качестве и обороте получаемого вторсырья, наличии мест складирования,

поломках и эффективности применения оборудования в производственных цехах [5].

Работа предприятия при его автоматизации может выглядеть следующим образом. При въезде на предприятие нового контейнеровоза с крупногабаритными отходами (КГО) в цехе сортировки завешивается его вес до разгрузки КГО, далее автоматически, или при необходимости оператором, определяется площадка, на которой он разгружается, и с помощью автоматизированной системы управления движением, включающей светодиодные светофоры (работающие по принципу красный — закрыто, зеленый — открыто), контейнеровоз направляется на данную площадку и разгружается там [6]. Номер площадки, где разгрузился контейнеровоз, заносится в базу данных, далее согласно направлению, заданному автоматически (или оператором) контейнеровоз выезжает с площадки и едет на весовую, где снова взвешивается уже без груза. Это позволяет определить, как массу КГО, привезенного контейнеровозом, так и массу КГО, собранного на площадке для дальнейшей сортировки. Далее система должна автоматически суммировать и учитывать, и надежно сохранять информацию о общей массе ввозимых на предприятие отходов (как в режиме реального времени, так и за каждый прошедший день, неделю, месяц, год в течение которых предприятие работало).

При выполнении процесса сортировки постепенно заполняются контейнеры, предназначенные для вторичного сырья и утилизируемых отходов, при их полном заполнении они грузятся на автомобиль, оборудованный системой мультилифт и через весовую вывозятся из цеха сортировки в складское помещение. Проезд через весовую позволяет определить вес отсортированных КГО и порядок их дальнейшей переработки.

При перемещении бункеров и контейнеров внутри предприятия их движение регулируется регламентом работы предприятия и место куда необходимо переместить каждый контейнер (откуда и в какой цех, помещение и непосредственно в какую точку цеха или помещения поставить контейнер) заранее определяется оператором или компьютерной системой учета. Система складского учета, которая может быть установлена на предприятии, должна учитывать местоположение, массу, фракционный состав содержимого каждого из контейнеров, находящегося на складе. При этом последовательность вывоза из складского помещения в целях дальнейшей переработки различных фракций отходов может определяться регламентом с учетом скорости их накопления. Каждый контейнер, предназначенный для вторичных отходов, также может быть прочитован (на основе RFID технологий), что позволит сделать систему электронного учета работы предприятия надежной и позволит учитывать фракционный со-

став хранящихся в контейнере отходов или вторичного сырья. Подобная система учета позволит определить объем переработанных отходов и количество полученных вторичных ресурсов в рамках всего предприятия, отдельной бригады, одного человека, если он работает в несколько смен, и ввести систему оплаты адекватную производительности каждого рабочего (в том числе за счет увеличения зарплаты и введения премиальных выплат). С учетом современных нормативных требований, представленных в Постановлении Правительства Российской Федерации от 7 марта 2025 г. № 293 и более качественного визуального восприятия контейнеров содержащих отдельные типы вторсырья и утилизируемых отходов они могут быть окрашены, в рамках заданной цветовой гаммы: контейнеры оранжевого цвета — для хранения вторсырья из пластмассы, черных и цветных металлов; контейнеры зеленого цвета — для хранения отходов стекла; контейнеры коричневого цвета — для хранения твердых отходов пищевой продукции; бункеры серого цвета — для несортированных крупногабаритных отходов [1]. Увеличение доходов от коммерческой реализации полученного вторсырья, может быть достигнуто за счет программного обеспечения с функционалом позволяющим изучить спрос на рынке вторсырья и выбрать оптимальные бизнес-решения с учетом ожидаемых затрат при доставке и отгрузке вторсырья [3, 5]. Для государственных мусоросортировочных комплексов может быть введен учет коммерческой реализации вторсырья, полученного при переработке, налажена система контроля со стороны надзорного органа за объемами и сроками переработки КГО.

Решения, связанные с современной организацией и автоматизацией технологических процессов переработке КГО собраны в целом ряде каталогов, так можно отметить справочные данные Пермского Национально-Исследовательского Политехнического Университета, отраслевого портала Отходы Ру, электронных каталогов Нетмус и Хусманн Рус [7–10].

Среди современных методов сортировки и переработки КГО, можно выделить технологию предварительной сортировки КГО по фракциям на ровной площадке с помощью специализированной техники (фронтальных погрузчиков, кранов, грузовых машин) и дальнейшую переработку отсортированных КГО, например сложных и накопленных в определенном месте холодильников, мебели, телевизоров [8]. Применяется также технология многостадийного дробления отходов которая позволяет получить из КГО размерами до нескольких квадратных метров измельченные отходы не превышающие определенного размера (до сантиметровых размеров, например не более 60 мм), далее измельченные отходы сортируются на вторичные ресурсы и утилизируемую фракцию с помощью современного сортировочного оборудования, в том числе возможна сортировка

черного и цветного металла, древесины, пластика, бумаги и картона, или создание после извлечения металлов и утилизируемой фракции, твердого топлива, которое можно использовать в промышленности. Таким образом используется, например установка фирмы MUT для утилизации отходов [11].

При более серьезном и детальном рассмотрении технических принципов переработки смешанного КГО экономически и экологически оправданным (причем как на стадии закупки оборудования, так и на стадии реализации вторсырья выглядит разделение КГО по технологическим фракциям и дальнейшая раздельная переработка данных фракций, например, разделение отдельно на холодильники, стиральные машины, а также иные крупнобытовые машины (например, газовые плиты и электроплиты), древесные отходы, железный и цветной лом, картон, бумагу, пластиковые отходы, кожаные и текстильные отходы, стекло, телевизоры и мониторы, иные электробытовые приборы и т.д., При этом остается отсев и крупногабаритный мусор, такой как пищевые отходы, камни, кости. Необходимо также предусмотреть извлечение из КГО опасных отходов (в том числе ртутных ламп) и принципы их дальнейшей утилизации.

Оптимизация процесса переработки несортированного КГО доставляемого в бункерах на мусоросортировочный комплекс, включая значительное увеличение доли извлекаемого вторсырья, ускорение процесса переработки и применение гибких технологических решений позволяющих менять суточную производительность и концентрировать усилия на переработке отдельных технологических фракции с учетом их накопления, может значительно (на 50 % и более) увеличить рентабельность при реализации на рынке вторсырья, полученного мусоросортировочным комплексом.

В этой связи далее в статье на стадии предпроекта будет рассмотрена методология организации процесса переработки КГО на крупном региональном или городском мусоросортировочном комплексе производительностью 100–150 тысяч тонн в год.

По данной технологии мусоросортировочный комплекс разделяется на четыре производственных помещения: цех предварительной сортировки КГО; цех переработки КГО, цех дробильного и вспомогательного оборудования и специализированную автобазу.

Цех сортировки КГО. Цех (Рис. 1) представляет собой большое неотапливаемое помещение (это может быть ангар с прямоугольной формой крыши) и небольшое отапливаемое административное помещение, в котором проводится текущий операционный контроль и учет работы цеха, а также отапливаемое помещение, где рабочие могут провести плановый перерыв и отдохнуть. Также в цехе могут находиться складские по-

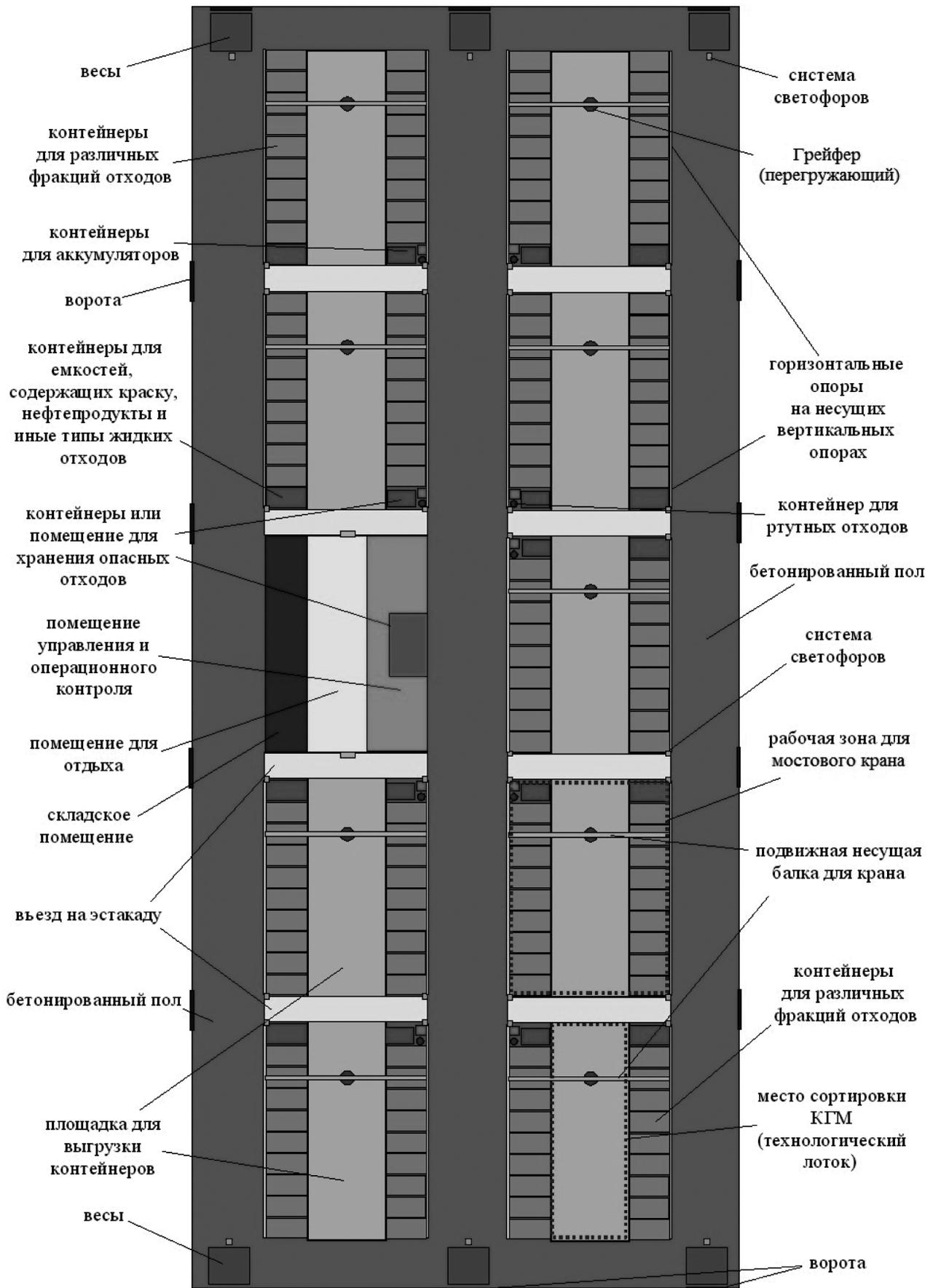


Рис. 1. Схема цеха сортировки КГО, вид сверху

мещения и контейнеры для хранения имущества, различных типов оборудования и запасных частей к нему. В цехе необходимо предусмотреть два или более въездов и выездов для контейнеровозов, которые привозят бункеры с КГО. На каждом въезде и выезде могут быть установлены весы для измерения веса контейнероваза (соответственно с грузом и без груза), а также система оперативного управления дальнейшим движением контейнеровозов включающая автоматизированные светофоры с красным и зеленым сигналом и автоматизированную систему управления дорожным движением (АСУДД), установленную внутри мусоросортировочного комплекса и перепрофилированную под его нужды [6]. Для данных целей, например, вполне подходят дорожные контроллеры торгового дома «Мегапром» и система диспетчерского управления светофорными объектами СДУ СО «Вектор» [12, 13].

Внутри цеха на расстоянии 15,5–19,5 метров от стен помещения могут быть установлены две длинные эстакады прямоугольной формы высотой 1,5 метра с боковым въездом, с обеих сторон эстакады для грузового автотранспорта. Площадь на эстакаде, ограниченная въездными дорогами и системой светофоров, может быть обозначена как технологический лоток, или место, на котором и происходит сортировка КГО. Рекомендуемая площадь каждого технологического лотка 260 квадратных метров. Всего в цехе с учетом планируемого резерва по мощности может находиться от 5 до 9 технологических лотков. За пределами эстакады над каждым технологическим лотком могут быть размещены вертикальные опоры, высотой не менее 5 метров с закрепленными на них горизонтальными пролетными балками и рельсовыми направляющими малотоннажного мостового крана (Рис. 1).

В целях распределения отсортированных технологических фракций с двух сторон у боковой поверхности технологического лотка могут быть поставлены в ряд контейнеры, предназначенные для перевозки и хранения различных технологических фракций отходов (возможный размер контейнеров до 35 м³), которые могут перевозиться контейнеровозами, оборудованными системой мультитлифт. С учетом размеров контейнеров на бетонном полу цеха сортировки могут быть установлены (с зазором от 5 до 10 сантиметров) 18 контейнеров прямоугольной формы объемом 35 м³ для основных технологических фракций КГО, 1 герметичный контейнер для отходов содержащих краску и нефтепродукты и 3 контейнера меньшего размера для опасных отходов, которые могут быть найдены в составе КГО.

В центральной части цеха необходимо выделить место для помещения текущего операционного контроля и учета, включающее кабину управления находящуюся на возвышении на высоте второго этажа и на высоте первого этажа помещение, конструкция и установка

которого отвечает требованиям по безопасности установленным в РФ, в том числе согласно требованиям Ростехнадзора, для временного хранения найденных в процессе сортировки КГО опасных отходов. Кабина управления позволит оператору как визуально, так и с помощью мониторов, на которые в режиме реального времени транслируется информация с видеокамер, установленных в пределах каждого технологического лотка, видеть процесс сортировки во всех технологических лотках включая перемещения мостовых кранов. На мостовом кране может быть установлен двухчелюстной перегружающий грейфер для транспортировки отобранных технологических фракций КГО в контейнеры, стоящие по краям технологического лотка, Рекомендуемый объем грейфера от 2 кубометров, в качестве примера может быть приведен двухчелюстной грейфер на сайте Кировского завода «Кранкомплект» [14]. Перемещения мостовых кранов и установленных на них двухчелюстных грейферов при сортировке части крупногабаритных отходов может выполняться АСУП способной распознавать по видеоизображению крупные технологические фракции КГО и транспортировать их в контейнеры предназначенные для хранения данных фракций стоящие по краям технологического лотка, современной АСУП способной выполнять подобные операции может стать, например, цифровая платформа КАСКАД, нашедшая широкое практическое применение в промышленности [15].

Предложенные в статье размеры технологического лотка позволят одновременно сортировать до 80 м³ КГО. Выгрузка КГО в технологических лотках может осуществляться следующим образом. Контейнеровоз привезший бункер с КГО, двигаясь в направлении, выбранном автоматически или оператором, заезжает на эстакаду и проезжает задним ходом часть лотка до разметки (нанесенной на бетонную поверхность эстакады), обозначающей в какой части лотка необходимо высыпать КГО, после того как машина выгружает КГО она уезжает прямо по указателям, согласно выбранному направлению движения. Следующая машина, которая заезжает в тот же лоток высыпает КГО далее по разметке на место, еще не занятое мусором. При этом разметка на эстакаде должна быть нанесена таким образом, чтобы привозимый КГО распределялся практически равномерно по поверхности лотка и в процессе сортировки, его можно было разложить по площади лотка, со средней высотой не превышающей 0,5 метра. Далее высыпаемая лоток мусорная куча равномерно распределяется двухчелюстным грейфером по площади лотка за счет соударения движущейся на одной высоте внешней поверхности грейфера с мусорной кучей. Далее тяжелые, крупные фракции КГО могут быть автоматически отсортированы двухчелюстной грейфером под управлением АСУП, использующей компьютерное зрение и способной распознавать по видеоизображению крупные тех-

нологические фракции. Конструкция грейфера должна позволить легко захватывать тяжелый крупногабаритный мусор за боковую поверхность. На следующем этапе часть более мелких фракции КГО может быть отсортирована вручную бригадой сортировщиков. Ковш грейфера в закрытом состоянии представляет из себя закрытую у основания емкость, в которую через верхнюю часть ковша можно засыпать КГО средней тяжести, ориентировочно менее 30 кг. При ручной сортировке мостовой кран и двухчелюстной грейфер могут быть переведены на ручное управление закрытый грейфер ставится на пол технологического лотка и туда руками закидываются отходы по одной из технологических фракций и далее при наполнении грейфера транспортируются и высыпаяются в контейнер, предназначенный для хранения данной фракции отходов. Далее рабочие сортировщики уходят и оставшаяся малоразмерная часть отходов (пищевые отходы порубочные остатки, мелкий мусор) в автоматическом режиме перегружаются грейфером в отдельные контейнеры возле технологического лотка. Для обеспечения безопасной работы в цехе могут быть установлены автоматизированные датчики определяющие, появление паров ртути и иных опасных отходов, повышенной радиации. При этом, если на любой стадии сортировки в процессе работы будут обнаружены опасные отходы типа разбитых ртутных ламп или выявлены опасные пары ртути, работа крана манипулятора и рабочих временно прекращается и вызывается выездная служба, которая проводит демеркуризацию данных отходов. Если лампы не повреждены они транспортируются в помещение для временного хранения опасных отходов откуда забираются на специализированный завод по переработке ртутных отходов.

Каждый контейнер стоящий у технологического лотка в автоматическом режиме или в ручную может равномерно загружаться строго определенными фракциями КГО: 1-й контейнер — бытовой и офисной техникой в которой находятся хладагенты холодильники, кондиционеры и т.д.; 2-й контейнер — древесными отходами; 3-й контейнер — древесными отходами с содержанием металлов (гвоздей, скоб и др.); 4-й — отходами мягкой мебели; 5-й — отходами в виде шкафов и остальной мебели, композитными материалами из дерева; 6-й — оставшейся крупной бытовой и офисной техникой (стиральные и посудомоечные машины, копиры, плотеры и т.д.) и ломом черных и цветных металлов; 7-й — бытовой и офисной техникой средних размеров; 8-й — бумажные отходы; 9-й — картон; 10-й — полимерные материалы и пластмассы; 11-й — керамика, фаянс; 12-й — кожаными и текстильными отходами, резиной; 13–15-й контейнеры могут быть загружены малоразмерными видами отходов, перерабатываемых на полигонах ТКО, включая пищевые отходы, порубочные остатки, мелкий мусор; 16-й — не перерабатываемой крупногабаритной фракцией (в том числе камнями, костями, листьями де-

ревьев и т.д.), 17-й — электро- и газовыми плитами, частями промышленного оборудования иными частями техники; 18-й — колесами проводами и иными материалами с большим содержанием резины; 19-й — лакокрасочными отходами (банки с краской и т.д.) и нефте-содержащими отходами (емкости и канистры с маслами и т.д.) 20-й — аккумуляторами; 21-й — ртутными отходами; 22-й — для иных видов опасных отходов. Оставшаяся в процессе сортировки грязь и фильтрат может быть смыта поливомоечной машиной, где далее жидкие фильтрат и грязь, через систему стоков попадают в систему очистки, с разделением на технологическую воду, годную для повторного использования и полужидкий фильтрат, утилизируемый на полях фильтрации или иным способом. Ожидаемое время, которое будет затрачено на сортировку 5 тонн КГО в технологическом лотке менее 2 часов (в зависимости от эффективности сортировки и фракционного состава отходов). Таким образом при плановой работе цеха в одну, две или три смены цех сможет перерабатывать в 9 технологических лотках от 50 до 150 тысяч тонн отходов в год.

Цех переработки КГО. Цех (Рис. 2) состоит из отапливаемого помещения или ангара с системой очистки и регулируемой влажностью воздуха, который включает в себя зал, где происходит переработка КГО и зал (складское помещение), где в контейнерах хранятся подготовленные к дополнительной сортировке и переработке технологические фракции КГО, а извлеченное из КГО ценное, сырье. В цехе переработки КГО, также рекомендуется установить современную АСУП, например на базе платформы КАСКАД 4.0 [15]. Зал, где происходит переработка КГО состоит из складского помещения, эстакады (на которой происходит дополнительная сортировка отходов, привезенных из цеха сортировки) и линии переработки КГО. Переработка происходит следующим образом, определяется фракция КГО, отобранная в цехе сортировки, например холодильники и кондиционеры или мягкая мебель с достаточно большим объемом накопления, позволяющим вести длительную переработку данной фракции отходов. Далее выбранная фракция отходов вывозится из складского помещения, где она хранится на эстакаду, где происходит ее дальнейшая сортировка. Сортировка отдельных фракций КГО происходит по той же схеме что и в цехе сортировки. Линия переработки работает следующим образом, отходы из цеха сортировки доставляются контейнеровозом и выгружаются на площадку. Далее происходит их дополнительная сортировка по контейнерам с отдельными видами отходов. Например, разделение крупной бытовой и офисной техникой на отдельные более мелкие фракции, состоящие из холодильников, телевизоров, плоттеров и принтеров, и других элементов бытовой техники, и аналогично разделение мебели и древесных материалов на отдельные фракции, состоящие из шкафов, диванов, древесных стройматериалов и так далее.

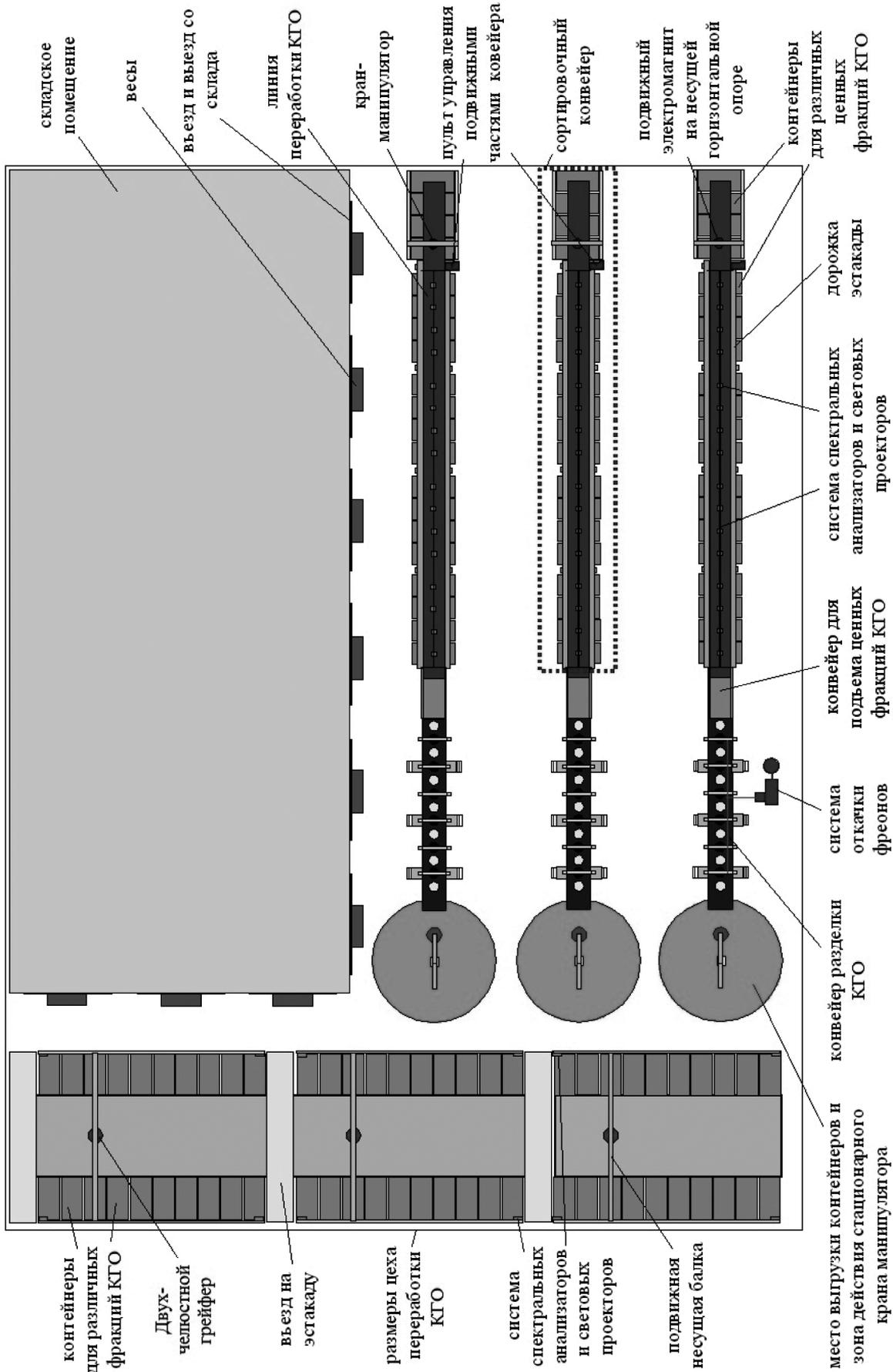


Рис. 2. Схема цеха переработки КГО, вид сверху

После сортировки и заполнения контейнеров, контейнеры с простыми отходами (например отходы, картона, древесины, пластиковых бутылок и так далее) загружаются в контейнеровозы отправляются в цех дробильного и вспомогательного оборудования, а более сложные фракции (телевизоры, холодильники, принтеры и так далее) выгружаются контейнеровозом прямо в контейнере на площадке круглой формы перед конвейером разделки отходов. Далее крупногабаритные отходы, лежащие в контейнере, оператором или в автоматическом режиме поочередно захватываются стационарным краном манипулятором установленным в центре площадки и ставятся на подвижный конвейер в положении удобном для их дальнейшей разделки (Рис. 3). При этом конвейер разделки перенастраивается на переработку выбранных технологических фракций по мере их накопления, например, первая неделя разборка холодильников, вторая неделя разборка телевизоров, третья неделя разборка мебели и так далее.



Рис. 3. Стационарный кран манипулятор

Конвейер может быть собран на металлической секционной основе и оборудован горизонтальным электрическим прижимным механизмом, который будет жестко фиксировать отходы при их разделке. Таким образом отходы (например холодильники или кондиционеры) могут быть с равными промежутками друг от друга выложены на конвейер краном манипулятором, с остановкой конвейера в специально оборудованных местах, где и происходит их разделка, и извлекаются материалы, которые удобно отделить до дробления, или прессования, например металл, пластик, резиновые прокладки, стекло и т.д. Для разделки бытовой и промышленной

техники может быть предусмотрена система вертикальных электроподъемников, на которых становится рабочий (с возможностью подъема до 1,5 метров) или система стационарных площадок с лестницами, а также система питателей вдоль всей линии конвейера, к которым подключены электродрели и устройства электро-механической резки, а также устройства удаления грязи, стружки и опилок с поверхности конвейера разделки (работающее по принципу пылесоса). Рабочий с соблюдением правил безопасности, также может откачивать в специальную емкость фреон из холодильников. Вдоль конвейера разделки также могут быть установлены дополнительные контейнеры объемом от 0,2 до 1 м³, для нетиповых отходов (например, малых электромоторов), опасных отходов (например ртутных лампочек), малых предметов (например пластиковых элементов освещения ксерокса или холодильника), а также для сбора ценных фракций суммарный объем образования которых в процессе разделки многократно уступает объему образования основного сырья (металла, пластика, резины, стекла, дерева). Сортировочный конвейер может быть расположен на металлических опорах на уровне 3 метров над основным уровнем площадки. Под конвейером могут быть размещены контейнеры, предназначенные для пофракционного сбора ценного вторсырья.

После операции разделки сортировка разделенных крупных фракций вторсырья может происходить в автоматическом режиме с использованием электромагнита, грейфера или поворотных направляющих сбрасывающих КГО с движущейся ленты конвейера в мусоросборник и далее по наклонной трубе строительного мусоросброса вниз контейнеры, расположенные под конвейерной лентой [17]. Информация о качественном фракционном составе отходов может выводиться в режиме реального времени на мониторы операторам, которые сортируют мусор (то есть на картинку движущихся по сортировочному конвейеру материалов будет накладываться картинка с информацией о их составе, и цветовая градуировка в зависимости от сортируемых фракций). Таким образом на сортировочном конвейере может одновременно сортироваться пять и более типов пластиков, металлов, резин, стекол и других материалов, распределяемых по контейнерам, содержащим отдельные виды вторсырья. Размеры цеха переработки КГО могут составлять от 1,15 до 0,4 Га и зависят от количества линий по переработке КГО, размеров складских помещений и эстакады, на которой происходит дополнительная сортировка фракций КГО.

Цех дробильного и вспомогательного оборудования. Цех может включать в себя линию крупнокускового дробления (в шредере) и линию мелкодисперсного измельчения и сепарации ценного вторичного сырья (в виде цветных и благородных металлов, пластика и резины), линию газовой резки, для быстрой разделки

отходов, включающих металлические листы толщиной больше нескольких миллиметров (то, что не сможет раздробить шредер). Также в цехе могут быть установлена линия прессования макулатуры, магнитные сепараторы выделяющие цветные и благородные металлы из проводов и электросхем и линии плавления включающие электропечи (разделяющие мелкодробленые куски металлов путем плавления, выделения в жидком виде, охлаждения и формообразования чистых слитков) и дополнительное оборудование, по упаковке вторсырья. Отсортированные по фракциям отходы доставляются в цех контейнеровозами и выгружаются на площадке перед линиями крупнокускового дробления, измельчения и сепарации, газовой резки или прессования. Далее отходы с помощью крана манипулятора или грейфера в автоматизированном режиме или с помощью оператора загружаются в приемные бункеры подающие отходы на линии крупнокускового дробления, измельчения и сепарации, газовой резки или прессования. После переработки отходов в цехе дробильного и вспомогательного оборудования, может быть получено упакованное или измельченное и засыпанное в контейнеры ценное вторсырье. Общие размеры цеха дробильного и вспомогательного оборудования могут составлять 0,1–0,3 Га (в зависимости от объемов переработки). В целом, в цехе дробильного и вспомогательного оборудования могут быть реализованы несколько десятков типовых режимов переработки отходов и получения вторсырья, заслуживающих отдельной большой статьи, в этой свя-

зи режим работы цеха, к сожалению, изложен нами достаточно кратко.

Специализированная автобаза. Специализированная автобаза может включать ангар с площадкой для стоянки нескольких десятков контейнеровозов и иных специализированных машин и площадкой по ремонту машин, в том числе ход-развалом и ремонтной мастерской. На автобазе могут быть размещены грузовые машины с системой мультилифт, поливомоечные машины для работы в рамках территории предприятия и илососная машина для откачки фильтрата и грязной воды из стоковой очистной системы цеха сортировки.

В заключении можно отметить следующее. Рассмотренные в статье перспективные методы организации и автоматизации технологических процессов позволят существенно, в ряде случаев кратно ускорить и удешевить процесс переработки КГО на крупных мусоросортировочных комплексах. Помимо увеличения объемов извлекаемого из КГО вторсырья важной особенностью предлагаемых организационных решений является возможность быстрой переориентации производственных мощностей на переработку различных фракций КГО с учетом их накопления. Так мусоросортировочный комплекс может быть, на время, полностью переключен на переработку не пригодного к эксплуатации автотранспорта в рамках действующих региональных программ по утилизации автомобилей, или на переработку утилизируемой крупной бытовой техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. О порядке обращения с твердыми коммунальными отходами: Постановление Правительства Российской Федерации от 7 марта 2025 г. № 293 // Гарант.ру: сайт. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411563191/> (дата обращения: 04.10.2025).
2. Rfid-scan. Официальный поставщик RFID оборудования: сайт. / URL: <https://rfid-scan.ru/> (дата обращения: 04.10.2025).
3. 1С: ERP Управление предприятием: сайт. / URL: <https://v8.1c.ru/erp/> (дата обращения: 04.10.2025).
4. Группа компаний Форс: сайт. / URL: <https://www.fors.ru/company/> (дата обращения: 04.10.2025).
5. Гольфстрим. Российское инженерное ПО. Аскон: сайт. / URL: <https://ascon.ru/products/gulfstream/> (дата обращения: 04.10.2025).
6. Светофоры и комплектующие. Альфа Жат: сайт. / URL: <https://alfazhat.ru/catalog/svetofory-i-komplektuyushchie/> (дата обращения: 04.10.2025).
7. Каталог технических и технологических решений для проектирования мусороперерабатывающих предприятий. Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет: сайт. / URL: [https://pstu.ru/files/file/adm/fakultety/katalog_tehnicheskikh_i_tehnologicheskikh_resheniy_dlya_proektirovaniya_musoropererabatyvayuschih_predpriyatij\(1\).pdf](https://pstu.ru/files/file/adm/fakultety/katalog_tehnicheskikh_i_tehnologicheskikh_resheniy_dlya_proektirovaniya_musoropererabatyvayuschih_predpriyatij(1).pdf) (дата обращения: 04.10.2025).
8. Мусоросортировочные предприятия. Отраслевой портал Отходы Ру: сайт. / URL: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=80> (дата обращения: 04.10.2025).
9. Сортировка отходов. Хусманн Рус.: сайт. / URL: <https://husmann.su/musorosortirovochnye-kompleksy/> (дата обращения: 04.10.2025).
10. Мусоросортировочная станция: типы и принципы работы. Нетмус: сайт. / URL: <https://netmus.ru/press-center/articles/musorosortirovochnaya-stanciya-tipy-i-principy-raboty/> (дата обращения: 04.10.2025).
11. MUT Green Technology: сайт. / URL: [mut-gt.at/en/](https://www.mut-gt.at/en/) / <https://www.mut-gt.at/en/> (дата обращения: 04.10.2025).
12. Система диспетчерского управления светофорными объектами СДУ СО «Вектор». Электромеханика: сайт. / URL: <https://www.elmeh.ru/catalog/traffic-control-system/dispatch-control-system-traffic-lights-vektor> (дата обращения: 04.10.2025).
13. Дорожные контроллеры. Торговый дом «Меганпром»: сайт. / URL: <https://tdmegaprom.ru/subgroup/dorozhnye-kontrollery.html/> (дата обращения: 04.10.2025).
14. Грейфер грузоподъемный. Кировский завод «Кранкомплект»: сайт. / URL: <https://zipkran.ru/catalog/oborudovanie-gruzopodъемное/greyfer/> (дата обращения: 04.10.2025).
15. КАСКАД 4.0. СибКом Цифра: сайт. / URL: <https://sdigital.ru/> (дата обращения: 04.10.2025).
16. Оптические сепараторы Сортика производства ООО «ЭРГА»: Современные технологии переработки отходов: сайт. / URL: <https://erga.ru/publication/opticheskie-separatory-sortika-proizvodstva-ooo-erga-sovremennyye-tehnologii-pererabotki-otkhodov/> (дата обращения: 04.10.2025).
17. Секция мусоросброса вид оборудования. Микмонт: сайт. / URL: https://www.mikmont.ru/catalog/musoroprovod/oborudovanie1/stroitelnyj-musorosbros1/pror_2_349_344_343/?yclid=4663525779488899071 (дата обращения: 04.10.2025).

© Мартынов Дмитрий Юрьевич (d.martynov@agz.50.mchs.gov.ru); Чечеткина Нина Владимировна (n.chechetkina@agz.50.mchs.gov.ru);

Усманова Регина Равильевна (rusmanova@agz.50.mchs.gov.ru); Брижанин Владимир Владимирович (brizhanin.vv@rea.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»