

Е. А. ВАСИЛЬЕВА, А. В. ЛЕВИН

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

Часть 1

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2019

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Е. А. ВАСИЛЬЕВА, А. В. ЛЕВИН

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

Часть 1

Учебное пособие

Санкт-Петербург

2019

УДК 64:502.7 (075)
ББК 65.9(2)441я7
В 191

Васильева Е.А., Левин А.В. Технология обращения с твердыми коммунальными отходами : учебное пособие. – ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2019. Часть 1. – 61 с.

В учебном пособии приведены общие положения по обращению с твердыми коммунальными отходами (ТКО), основные направления их утилизации и обезвреживания и методики расчета, которые могут быть использованы для решения практических задач при организации их сбора, транспортирования, обработки, утилизации, обезвреживания и размещения, а также для написания курсовых проектов и выпускных квалификационных работ.

Настоящее пособие предназначено для студентов магистратуры по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», а также для слушателей в системе дополнительного профессионального образования.

Рецензенты: зав. кафедрой охраны окружающей среды ВШТЭ СПбГУПТД, канд.техн.наук О.А. Шанова;

инженер по охране окружающей среды ООО «Тандем-Истейт», И. И. Хуснимарданов

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве учебного пособия.

© Высшая школа технологии и энергетики
СПбГУПТД, 2019

© Васильева Е.А., Левин А.В., 2019

ВВЕДЕНИЕ

Проблема обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) в России весьма актуальна. Значительный рост количества упаковки, используемой в процессе обращения с промышленными и продовольственными товарами, повсеместное потребление композиционных материалов, нерациональное использование продуктов питания привели к увеличению норматива образования ТКО в расчете на одного жителя, который на сегодня составляет более чем 2 м³/год. В то же время инфраструктура обращения с ТКО осталась старой: множество операторов ТКО, нехватка объемов действующих полигонов и неразвитость структуры переработки отходов привели к значительному количеству несанкционированных свалок.

По словам Д.А.Медведева, фактически нам предстоит с нуля создать целую отрасль по переработке отходов производства и потребления. Нужно наладить регулярный вывоз мусора, построить сотни сортировочных станций, сотни комплексов по обезвреживанию, ещё столько же мусороперерабатывающих заводов. Обустроить соответствующие экотехнопарки.

В Высшей школе технологии и энергетики в учебный план магистратуры по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» включена дисциплина «Технология обращения с твердыми коммунальными отходами», которая предусматривает лекции и практические занятия.

Настоящее учебное пособие позволит выработать у студентов соответствующие компетенции, закрепить полученные знания и подготовить их к решению задач, столь значимых для государства в настоящее время.

1. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

1.1. Общие положения идентификации отходов

В настоящее время к *твердым коммунальным отходам (ТКО)* относят отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К твердым коммунальным отходам также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами [1]. Эти виды ТКО можно условно назвать *твердыми бытовыми отходами (ТБО)*.

Также к ТКО относятся отходы, образующиеся в процессе уборки улиц, газонов, рекреационных зон, кладбищ и иных территорий городских и сельских поселений в различные периоды года. Эти отходы для упрощения понимания материала далее в тексте пособия названы *сметом с территорий*.

Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО) обособляет от твердых коммунальных отходов отходы подобные коммунальным, относящиеся и не относящиеся к твердым коммунальным отходам [2]. Наименования и коды этих отходов приводятся в 7 блоке ФККО (Приложение 1).

При рассмотрении всего комплекса проблем, связанных с накоплением, сбором, транспортированием, обработкой, обезвреживанием, утилизацией и размещением ТКО, в первую очередь, возникает вопрос о составе и свойствах этих отходов. Далее речь пойдет, в основном, о ТБО.

Усредненный морфологический состав ТБО для северной климатической зоны приведен в табл. 1.1 [3, 4].

Таблица 1.1

Усредненный морфологический состав ТБО для северной климатической зоны России

Компонент	Содержание в ТКО, % по массе	
	для объектов жилого фонда	для предприятий (в т.ч. торговых)
Пищевые отходы	24÷39	13÷16
Бумага, картон	26÷42	45÷52
Стекло	4÷6	1÷2
Текстиль	4÷6	3÷5
Пластмасса	3÷4	8÷12
Черный металлолом	3÷4	3÷4
Древесина	1÷5	3÷5
Кожа, резина	2÷3	1÷2
Камни, штукатурка	1÷3	2÷3
Кости	1÷2	1÷2
Цветной металлолом	0,5÷2	1÷4
Прочее (неклассифицируемые фракции)	1÷2	2÷3
Отсев (менее 15 мм)	4÷6	5÷7

В табл. 1.1 приведен состав ТБО на сухую массу, но следует учитывать, что ТБО содержат значительное количество воды. Влажность ТБО колеблется в интервале от 35 до 60 % в зависимости от условий их образования и накопления.

Одной из первоочередных задач при идентификации ТКО является установление их количественных характеристик.

К таким характеристикам относятся удельные и валовые количества образующихся отходов.

Норма (норматив) накопления отходов – это количество отходов, образующихся на расчетную единицу в единицу времени.

Расчетными единицами для ТКО являются, например: человек – для жилищного фонда; место – для гостиниц или учреждений; 1 м² торговой площади – для магазинов, территорий, складов и т.д. Нормы накопления определяют в единицах массы (кг) или объема (л, м³).

Нормативы накопления ТКО устанавливаются органами исполнительной власти субъекта Российской Федерации или органами местного самоуправления поселений или городских округов.

Установлены среднесуточные и среднесезонные суточные ориентировочные нормативы накопления, которые используются для укрупненных расчетов среднегодовых и среднемесячных нормативов накопления ТКО, прогнозирования нагрузки на территориально-производственный комплекс (ТПК) и планирования природоохранных мероприятий.

Нормативы накопления дифференцируются в зависимости от:

- зон деятельности региональных операторов по обращению с ТКО;
- категорий потребителей;
- категорий объектов, на которых образуются отходы (Приложение 2)

[5, 6].

Оператор по обращению с ТКО – организация, осуществляющая деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению твердых коммунальных отходов.

Региональный оператор по обращению с ТКО – это оператор по обращению с ТКО, который обязан заключить договор на обращение с отходами с собственником отходов, в зоне своей деятельности. Региональными операторами могут быть, например, полигоны ТКО, предприятия по обработке и утилизации ТКО и т.п.

Нормативы накопления для учреждений и предприятий общественного назначения в крупных городах составляют 30-60 % от нормативов накопления для жилых зданий.

Нормативы накопления твердых коммунальных отходов от объектов различных категорий в Санкт-Петербурге и в Ленинградской области приведены в табл. 1.2 – 1.5 [7, 8].

Таблица 1.2.

**Нормативы накопления твердых коммунальных отходов на территории
Санкт-Петербурга**

№ п/п	Категория объекта	Расчетная единица	Норматив накопления твердых коммунальных отходов (в месяц)		Норматив накопления твердых коммунальных отходов (в год)	
			м ³	кг	м ³	кг
1	Организации, учреждения, в том числе: офисные помещения; банки и кредитные организации; объекты почтовой связи	1 сотрудник	0,119	19,566	1,428	234,792
2	Продовольственные магазины, в том числе: супермаркеты; универсамы; универмаги	1 м ² общей площади	0,125	22,488	1,500	269,856
3	Магазины промышленных товаров, магазины хозяйственных товаров	1 м ² общей площади	0,131	19,323	1,572	231,876
4	Дошкольные образовательные организации, в том числе: ясли; детские сады; прогимназии; центры развития ребенка	1 ребенок	0,128	20,875	1,536	250,500
5	Общеобразовательные организации, организации дополнительного образования	1 учащийся	0,043	7,699	0,516	92,388
6	Учреждения общественного питания	1 м ² общей площади	0,237	43,941	2,844	527,292
7	Организации социально-бытового обслуживания: фотоателье; мастерские по ремонту бытовой техники, очков, ключей; мастерские по ремонту одежды и обуви	1 м ² общей площади	0,033	7,334	0,396	88,008
8	Прачечные, химчистки одежды и обуви	1 м ² общей площади	0,012	1,704	0,144	20,448
9	Салоны красоты	1 м ² общей площади	0,122	19,840	1,464	238,080
10	Гостиничные объекты	1 место	0,171	31,808	2,052	381,696
11	Лечебные учреждения, в том числе: диспансеры, амбулатории, поликлиники; стоматологические клиники; лечебно-диагностические центры, центры здоровья	1 посещение	0,021	3,499	0,252	41,988
12	Аптеки, аптечные пункты	1 м ² общей площади	0,024	4,230	0,288	50,760

№ п/п	Категория объекта	Расчетная единица	Норматив накопления твердых коммунальных отходов (в месяц)		Норматив накопления твердых коммунальных отходов (в год)	
			м ³	кг	м ³	кг
13	Многоквартирные дома	1 проживаю- щий	0,171	31,808	2,055	381,696
14	Индивидуальные жилые дома	1 домовла- дение	0,330	58,072	3,960	696,864

Таблица 1.3

Нормативы накопления ТКО в отношении категорий объектов,
за исключением объектов жилищного фонда, Ленинградской области

№ п/п	Наименование категории объектов	Расчетная единица	Норматив накопления твердых коммунальных отходов	
			кг/год	м ³ /год
1	Административное здание	1 сотрудник	38,325	0,730
2	Банк	1 сотрудник	146,730	2,811
3	Предприятие торговли продовольственными товарами (продовольственный магазин)	1 м ²	218,818	3,650
4	Предприятие торговли непродовольственными товарами (промтоварный магазин)	1 м ²	19,710	0,365
5	Супермаркет (универсам)	1 м ²	36,378	0,365
6	Автозаправочная станция	1 машино-место	1950,380	19,856
7	Железнодорожный вокзал, автовокзал	1 пассажир	3,468	0,057
8	Дошкольная образовательная организация	1 обучающийся	43,557	0,402
9	Общеобразовательная организация	1 обучающийся	12,410	0,280
10	Дворец культуры	1 место	23,847	0,207
11	Библиотека	1 место	48,910	0,365
12	Кафе	1 место	173,193	1,825
13	Парикмахерская	1 место	110,793	8,395
14	Гостиница	1 место	191,625	1,825
15	Кладбище	1 га	2225,408	24,638
16	Садоводческое, огородническое или дачное некоммерческое объединение граждан	1 садовый, огородный или дачный земельный участок	68,255	0,730

Таблица 1.4

**Нормативы накопления ТКО в отношении категорий объектов
жилищного фонда Ленинградской области
(с учетом крупногабаритных отходов)**

№ п/п	Наименование категории объекта	Расчетная единица	Норматив накопления твердых коммунальных отходов	
			кг/год	м ³ /год
1	Жилищный фонд	1 проживающий	329,345	2,944
2	Многоквартирные дома	1 м ² площади жилых помещений	13,649	0,122
3	Индивидуальное жилое строительство	1 домовладение	806,89	7,213

Для категорий объектов в Ленинградской области, не вошедших в табл. 1.3 и 1.4, на которых образуются ТКО, используются ориентировочные нормы накопления твердых бытовых отходов отдельно стоящих объектов общественного назначения, торговых и культурно-бытовых учреждений в соответствии с Приложением 1 из приказа [8].

Таблица 1.5

Ориентировочные нормативы накопления смета с территорий [9]

Тип покрытия для территории, подлежащей уборке	Расчетная единица	Норматив накопления, кг/год
Для усовершенствованных покрытий	1 м ²	5-10
Для булыжных мостовых		5-15
Для дорожек и аллей в парках, скверах и т.п.		6

По прогнозам аналитиков, в соответствии с предложенными нормативами образования ТКО, в жилом фонде Санкт-Петербурга с численностью населения более 5 млн человек будет образовываться порядка 2 млн т твердых коммунальных отходов в год.

Фактическую массу накопленных ТКО операторы определяют регулярным взвешиванием отходов и сопоставляют со среднегодовым нормативом накопления. Допускается взвешивание пустого и

заполненного мусоровоза и определение массы всех загруженных в машину ТКО. При определении объема накапливающихся ТКО обязательно проверяют степень заполнения контейнеров, для чего материал в контейнере разравнивают и рейкой измеряют высоту свободного пространства над ТКО. При подобных замерах должно быть исключено уплотнение ТКО в контейнере обслуживающим персоналом.

Для решения вопроса о целесообразности утилизации ТКО или их компонентов проводится дифференцирование компонентов. Например, компонент «бумага» разделяют на условно чистую (утильную) и загрязненную; металлы – на изделия из железа и консервные банки; пластмассу – на упаковочную и изделия из пластмасс.

Существующая в большинстве населенных пунктов России практика совместного сбора ТКО не обеспечивает предварительного удаления указанных компонентов. Современная стратегия сбора муниципальных отходов предполагает внедрение селективного сбора некоторых материалов, которые являются ценным вторичным сырьем, например, внедрение дуальной системы сбора ТКО, когда отдельно от основной массы собираются отходы упаковки.

После обработки ТКО и извлечения ценных компонентов отход направляется на утилизацию, обезвреживание или размещение.

1.2. Методика расчета нормативов образования ТКО

Среднегодовой норматив образования твердых коммунальных отходов от населенного пункта или отдельного района рассчитывается как сумма различных видов ТКО, собираемых от всех категорий природопользователей, осуществляющих их временное накопление в данном населенном пункте

$$M^{\text{год}} = M_1 + M_2, \text{ т/год}, \quad (1.1)$$

где M_1 – валовое количество ТКО, образующихся у природопользователей, т/год;

M_2 – валовое количество смета, образующегося у природопользователей, т/год.

Валовое количество ТБО от жилищ, учреждений, организаций и т.п.:

$$M_1 = \sum K_{ni} \cdot m_{ТБОi} = \sum K_{ni} \cdot N_{ТБОi} \cdot \rho_i, \text{ т/год}, \quad (1.2)$$

где K_{ni} – количество человек (жителей, работников, постояльцев, пациентов и т.п.) или посадочных мест на n-м объекте i-й категории;

$m_{ТБОi}$ – массовый норматив накопления твердых бытовых отходов на 1 человека или место на объекте i-й категории, т/год;

$N_{ТБОi}$ – объемный норматив накопления твердых бытовых отходов на 1 человека или место на объекте i-й категории, м³/год;

ρ_i – насыпная плотность ТБО, характерная для объекта i-й категории, т/м³.

Нормы накопления ТБО для объектов, не относящихся к жилому фонду, могут быть указаны в расчете на сутки, тогда для пересчета используется формула 1.3.

$$m_{ТБОi} = m_{ТБОi}^{\text{сут}} \cdot t_{ni}, \text{ т/год}, \quad (1.3)$$

где $m_{ТБОi}^{\text{сут}}$ – норма накопления твердых бытовых отходов на 1 человека на объекте i-й категории в расчете на сутки, т/сут;

t_{ni} – количество рабочих дней в году для n-го объекта i-й категории, сут/год.

Валовое количество смета, образующегося у природопользователей при уборке территорий:

$$M_2 = \sum S_{jm} \cdot m_{\text{смет}j} = \sum S_{jm} \cdot N_{\text{смет}j} \cdot \rho_j, \text{ т/год}, \quad (1.4)$$

где S_{jm} – общая площадь территорий, подлежащих уборке на m-м объекте j-й категории, м²;

$m_{\text{смет}j}$ – массовый норматив накопления смета на 1 м² площади, подлежащей уборке на объекте j-й категории, т/ (м² · год);

$N_{\text{смет}j}$ – объемный норматив накопления смета на 1 м² площади, подлежащей уборке на объекте j-й категории, м³/ (м² · год);

ρ_j – насыпная плотность смета, характерная для объекта j-й категории, т/м³.

Для объектов, не подлежащих ежедневной уборке, нормы накопления могут быть указаны в расчете на сутки, тогда для пересчета используется формула 1.5:

$$m_{\text{смет}j} = m_{\text{смет}j}^{\text{сут}} \cdot t_{mj}, \text{ т/}(\text{м}^2 \cdot \text{год}), \quad (1.5)$$

где $m_{\text{смет}j}^{\text{сут}}$ – средняя суточная норма накопления смета на 1 кв. метр площади, подлежащей уборке на объекте j-й категории, т/ (м² ·сут);

t_{mj} – годовой фонд рабочего времени для m-го объекта j-й категории, сут/год.

1.3. Практическое задание

Определить валовое и суточное количество твердых коммунальных отходов, образующихся от каждого объекта, расположенного в Санкт-Петербурге или Ленинградской области, и общее валовое количество ТКО.

Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.6. Район города или муниципальное образование задается преподавателем.

Таблица 1.6

Исходные данные для расчета

Объект образования отходов	Характеристики объектов образования отходов	
	характеристика	значение
Многоквартирные жилые дома	количество домов	1200
	количество жителей, чел.	108 000
	площадь придомовых территорий, подлежащих уборке на 1 дом, м ²	120
	придомовые территории имеют твердое усовершенствованное покрытие	-
Индивидуальные жилые дома	количество домов	880
	количество жителей, чел.	3 520
Мастерская по ремонту бытовой техники	площадь помещений, подлежащих уборке, м ²	250
	режим работы, дней/год	248

Продолжение табл. 1.6

Объект образования отходов	Характеристики объектов образования отходов	
	характеристика	значение
Улицы, парковые зоны и кладбища	общая площадь улиц, подлежащих уборке, км ² площадь парковых территорий, га площадь кладбища, га	0,8 20,6 7,3
Сетевой магазин запчастей и сервисный центр	количество торговых точек количество работников, чел * площадь торгового зала, м ² * площадь склада, м ² * режим работы, дней/год* <i>*Все характеристики указаны для одной торговой точки.</i>	3 40 110 800 248
Детский сад	количество детских садов количество воспитанников в одном детском саду, чел. площадь прилегающих территорий, подлежащих уборке, на 1 детский сад, м ² режим работы, дней/год прилегающие территории имеют твердое усовершенствованное покрытие	4 280 180 248 -
Школа	количество школ количество учащихся в 1 школе, чел. площадь прилегающих территорий, подлежащих уборке на 1 школу, м ² режим работы, дней/год прилегающие территории имеют твердое усовершенствованное покрытие	8 600 240 248 -
Библиотека	количество мест в читальном зале режим работы, дней/год	24 248
Автовокзал	пассажиропоток, чел/сут режим работы: без выходных	1100 -
Магазины: 1) продовольственных товаров 2) строительных и хозяйственных товаров	количество площадь одного магазина, м ² режим работы, дней/год количество площадь одного магазина, м ² режим работы, дней/год	4 121 248 2 350 248

Объект образования отходов	Характеристики объектов образования отходов	
	характеристика	значение
3) супермаркеты (универсамы)	количество площадь одного магазина, м ² режим работы: без выходных	6 1500 -
Кинотеатр	количество мест режим работы: без выходных	1280 -
Кафе	количество среднее количество мест в одном кафе общая площадь одного кафе, м ² режим работы: без выходных	12 22 90 -
Банк	количество сотрудников режим работы, дней/год	120 248
Административное здание	количество сотрудников режим работы, дней/год	270 248
Гостиница	количество мест режим работы: без выходных	60 -

2. СБОР И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

2.1. Общие положения по сбору и транспортированию ТКО

Как уже отмечалось выше, сбор и транспортирование твердых коммунальных отходов осуществляют операторы по обращению с ТКО.

Сбор отходов – это прием отходов с целью их дальнейших обработки, утилизации, обезвреживания, размещения лицом, осуществляющим их обработку, утилизацию, обезвреживание, размещение.

Транспортирование отходов – перемещение отходов с помощью транспортных средств вне границ земельного участка природопользователя (предприятия, домовладения и т.п.) [1].

Таким образом, после приема ТКО от природопользователей оператор принимает на себя ответственность за дальнейшее обращение с этими отходами. Оператор самостоятельно определяет места для накопления и сбора, а также периодичность вывоза ТКО.

При определении способа накопления и расчете предельного количества накапливаемых природопользователем отходов учитывается ряд показателей:

- площадь территории, предназначенной для накопления;
- наличие селективного сбора отходов;
- суточное и валовое количество образующихся у природопользователя отходов;
- токсичность и опасные свойства отхода;
- сроки предельного накопления отходов;
- климатические условия.

Накопление ТКО осуществляется в специальные сборники (контейнеры). Сборники ТКО обычно представляют собой металлические или пластиковые контейнеры. Различают стационарные, передвижные и

транспортные контейнеры – пухто. Характеристики некоторых сборников для ТКО приведены в Приложении 3.

Стационарные сборники включают приемник и накопитель. Приемник находится на поверхности, а накопитель – заглублен под землю. Накопители могут представлять собой контейнеры, которые опускают под землю на специальной платформе и поднимают только для загрузки ТКО в мусоровоз. В России наибольшее распространение получили заглубленные стационарные контейнеры со сборниками в виде биг-бэгов – объемных тканевых или полимерных пакетов, извлекаемых из сборника манипулятором мусоровоза. Более инновационной альтернативой подземным хранилищам является вакуумный мусоропровод, который работает по принципу пневматической почты. Отходы могут подвергаться в поверхностных сборниках прессованию, после чего передаваться в общий накопитель. К такой системе можно подключить несколько мусорных баков, например, все баки небольшого района. Пневматические системы сбора мусора применяются в Скандинавии, Испании, арабских странах, Китае. В России подобные системы функционируют в нескольких жилых домах г. Москва.

Площадка накопления ТКО (контейнерный парк) должна соответствовать следующим требованиям:

- 1) иметь асфальтированное или бетонированное покрытие с уклоном в сторону проезжей части 0,02 %;
- 2) быть удалена от жилых домов, детских учреждений и рекреационных зон на расстояние $20 \leq l \leq 100$ м;
- 3) быть расположена с учетом обеспечения возможности подъезда транспорта;
- 4) быть огорожена, например, железобетонным ограждением или живой изгородью из декоративных растений.

Органы местного самоуправления самостоятельно создают площадки накопления ТКО и осуществляют ведение их реестра, который должен включать в себя:

- данные о нахождении площадок накопления ТКО;
- данные о технических характеристиках контейнерного парка;
- данные о собственниках площадок накопления ТКО;
- данные об источниках образования ТКО [1, 10].

Схема расположения площадок накопления ТКО отражает данные о нахождении площадок на карте муниципального образования масштаба 1:2000 [10].

В случае селективного накопления отходов или при иной необходимости на площадку для сбора может быть установлено не более 5 контейнеров-сборников, что учитывается при определении требуемой площади. Расстояние между контейнерами следует принимать не менее 350 мм, а расстояние между контейнерами и ограждением должно быть не менее 1 м (рис. 2.1).

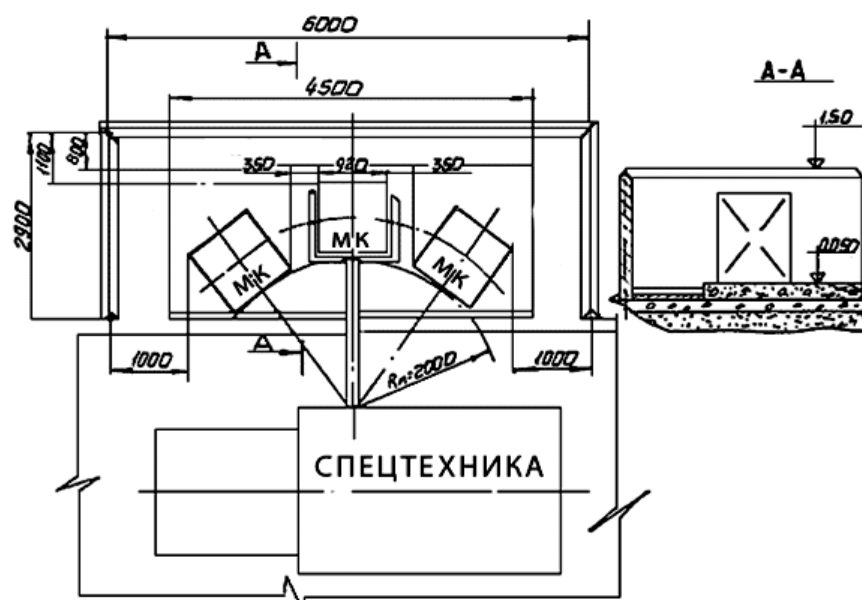


Рис. 2.1. Примерная схема контейнерного парка:
МК – мусорный контейнер; R_n – радиус поворота

Сведения об используемом покрытии, площади, количестве размещенных и планируемых к размещению сборников с указанием их

объема вносятся в раздел «Данные о технических характеристиках контейнерного парка» [10].

В соответствии с нормативными документами твердые коммунальные отходы имеют IV и V классы опасности [2]. К опасным свойствам ТКО можно отнести содержание возбудителей инфекционных заболеваний, бактерий, для которых органическая часть ТКО является благоприятной средой для размножения. Кроме того, твердые коммунальные отходы домохозяйств содержат значительную долю пищевых компонентов, что привлекает грызунов и птиц. При длительном хранении органическая часть ТКО подвергается аэробному сбраживанию с выделением опасных веществ и одорантов. С этими факторами связаны требования о соблюдении сроков предельного накопления ТКО на территории домовладений, которые составляют:

- в холодное время года (при температуре -5° и ниже) – 3 дня,
- в теплое время (при плюсовой температуре свыше $+5^{\circ}$) и в южной климатической зоне – 1 день [11].

Срок хранения ТКО на площадке предприятия – 3-4 дня.

Под транспортированием ТКО понимается выгрузка отходов из контейнеров в спецтранспорт, зачистка контейнерных площадок и подъездов к ним от просыпавшихся отходов и транспортирование их до лицензированного объекта обработки, утилизации, обезвреживания, размещения (мусороперегрузочной станции – МПС, мусороперерабатывающего завода – МПЗ или объекта размещения отходов – ОРО)[12].

Современным законодательством в области обращения с отходами предусмотрен ряд требований к их транспортированию:

- наличие паспорта опасного отхода (для отходов IV класса опасности);
- наличие специального транспорта, снабженного специальными знаками;

- наличие документации с указанием количества транспортируемых отходов, цели и места назначения их транспортирования [1].

Для транспортирования ТКО применяется спецтранспорт – собирающие и транспортные мусоровозы различных конструкций. Мусоровозы отличаются грузоподъемностью, объемом кузова, типом механизма загрузки, наличием механизма уплотнения отходов, способом загрузки и типом кузова. Характеристики некоторых мусоровозов приведены в Приложении 4.

Собирающие мусоровозы предназначены для сбора отходов с площадок и их транспортирования на небольшие расстояния до полигона или иных объектов по обращению с ТКО.

Транспортные мусоровозы предназначены для транспортирования большого количества отходов на значительные расстояния. Например, транспортные мусоровозы применяются для транспортирования отходов от мусороперегрузочной станции до полигона.

Сегодня широкое распространение получили собирающие мусоровозы, оборудованные прессовальными механизмами, и универсальные мусоровозы с пресс-компакторами. Универсальный мусоровоз предполагает наличие съемного кузова, что позволяет одной единице техники выполнять функции нескольких машин. Этот вид спецтехники становится все более востребованным в связи с развитием двухэтапной системы транспортирования ТКО: сбор – транспортирование на МПС или МПЗ – транспортирование на ОРО. В качестве съемного кузова может использоваться пресс-компактор (пресс-контейнер), который предназначен для приема ТКО в загрузочную камеру и их уплотнения в накопительном кузове. Техника, поддерживающая функцию прессования отходов, имеет коэффициент уплотнения мусора от 2,5 единиц до 7.

В соответствии с современными требованиями международного законодательства [13] перевозка опасных веществ и изделий, к которым относятся и некоторые ТКО, должна осуществляться на спецтранспорте,

снабженном табличками оранжевого цвета с соответствующей маркировкой (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Пример маркировки спецтранспорта, перевозящего ТКО

При выборе режима работы спецтранспорта следует учитывать, что продолжительность работы водителей может устанавливаться не более 1,5 смен. Нормы времени на пробег мусоровозов к месту загрузки и выгрузки отходов, с одного участка выполнения работ на другой, от гаража к месту проведения работ и обратно представлены в Рекомендациях по нормированию труда работников предприятий внешнего благоустройства [14].

Эффективность маршрутизации может быть повышена за счет применения математического моделирования процесса вывоза ТКО в рамках создания территориальных схем обращения с отходами.

Территориальные схемы обращения с отходами — совокупность графического и текстового материала для реализации деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов, в том числе ТКО, образующихся на территории субъекта Российской Федерации, и направлений ее развития на определенный период.

2.2. Методика расчета сбора и транспортирования ТКО

Расчет потребности в контейнерах осуществляется по формуле:

$$N_{\text{сб}} = (M^{\text{сут}} \cdot T \cdot k_n \cdot k_p) / (\rho \cdot V_{\text{сб}} \cdot k_3), \quad (2.1)$$

где $M^{\text{сут}}$ – суточный норматив накопления ТКО, т/сут;

ρ - насыпная плотность ТКО, характерная для объекта определенной категории, т/м³;

T – периодичность вывоза (количество суток между очередными вывозами), сут;

k_n – коэффициент неравномерности накопления ТКО, $k_n = 1,25$;

k_p – коэффициент повторного заполнения отходами контейнеров в результате уборки контейнерной площадки после разгрузки контейнеров, $k_p = 1,05$;

$V_{сб}$ – объем одного контейнера, m^3 ;

$k_z = 0,75$ – коэффициент заполнения контейнеров.

Ориентировочные плотности ТКО для объектов некоторых категорий приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Плотности твердых коммунальных отходов, образующихся
на объектах некоторых категорий [3, 8, 11]

Категория объекта	Средняя плотность ТБО, кг/м ³
Для Санкт-Петербурга	
Жилые дома благоустроенные: при отборе пищевых отходов	200
без отбора пищевых отходов	220
Жилые дома неблагоустроенные: без отбора пищевых отходов	300
Для Ленинградской области	
Жилые дома	188
Для Санкт-Петербурга и Ленинградской области	
Гостиница	120
Детский сад, ясли, школа, техникум, институт	200
Театр, кинотеатр	150
Продовольственный магазин	110
Промтоварный магазин, аптека	110
Рынок	100
Санатории, пансионаты	190
Вокзалы, автовокзалы, аэропорты	250
Универсам	170
Киоск	130
Организация общественного питания	200
Парикмахерские, косметические салоны	140
Иные учреждения (банки, отд. связи и т.п.)	100

Категория объекта	Средняя плотность ТБО, кг/м ³
Территории с асфальтированным, бетонным, булыжным или иным твердым покрытием	625
Аллеи, парки, скверы, кладбища, колумбарии и т.п.	75

Упрощенно количество мусоровозов может быть рассчитано исходя из суточного количества рейсов, необходимого для вывоза всех ТКО. Упрощенный расчет применим для группы мусоровозов с однородными техническими характеристиками навесного оборудования и шасси при сборе ТКО из несменяемых сборников.

Суточное количество рейсов вычисляется по грузоподъемности или емкости техники и округляется до целого значения в большую сторону:

$$n_{\text{сут}} = M^{\text{сут}} / b_i, \text{ сут}^{-1}, \quad (2.2)$$

где $M^{\text{сут}}$ – количество ТКО, которое необходимо транспортировать в сутки, т/сут (или м³/сут);

b_i – производительность (грузоподъемность или емкость) i -й единицы техники, используемой для транспортирования ТКО до полигона, т (или м³).

При расчете количества рейсов уточняется количество задействованных в транспортировании единиц техники с учетом максимального количества рейсов одного мусоровоза в сутки:

$$K_{\text{МВ}} = n_{\text{сут}} / (n_0 \cdot k_{\text{исп}}), \quad (2.3)$$

где n_0 – максимальное количество рейсов в сутки для одного мусоровоза, сут⁻¹;

$k_{\text{исп}}$ – коэффициент использования мусоровозов в парке, варьируется в интервале 0,7 – 0,9.

$K_{\text{МВ}}$ также округляется до целого значения в большую сторону.

Количество рейсов в сутки для одного мусоровоза может быть рассчитано по формуле 2.4:

$$n_0 = 60 (T - L_0/v) / (\tau_n + (60 \cdot L_n \cdot 2/v) + \tau_p), \text{ сут}^{-1}, \quad (2.4)$$

где T – продолжительность рабочего дня, ч/сут;

L_0 – расстояние от парка мусоровозов до центра района сбора ТКО, км;

v – средняя скорость мусоровоза, км/ч;

τ_n – суммарное время загрузки мусоровоза в районе сбора мусора, включая переезды от одного пункта загрузки к другому и подъезды к местам нахождения сборников, мин;

L_n – расстояние между районом загрузки мусоровоза и пунктом его разгрузки (например, МПС или ОРО), км;

τ_p – время разгрузки мусоровоза, мин [12].

2.3. Практическое задание

Рассчитать объем и количество контейнеров для каждого объекта образования ТКО. Определить площади контейнерных парков. Определить требуемое количество мусоровозов, необходимое для транспортирования ТКО до объекта их размещения.

За исходные данные необходимо взять значения валовых и суточных нормативов накопления ТКО, полученные при выполнении первого практического задания, а также данные из табл. 2.2.

Таблица 2.2.

Параметры организации вывоза ТКО

Параметр	Значение
Периодичность вывоза ТКО с площадки, сут	3-4
Расстояние от района загрузки мусоровоза до объекта размещения ТКО, км	180
Количество поездок для 1 единицы техники: на расстояние более 100 км на расстояние от 40 до 100 км на расстояние до 40 км	не более 8 раз за смену не более 10 раз за смену не более 14 раз за смену
Коэффициент использования мусоровозов в парке	0,9

3. МУСОРОПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ СТАНЦИИ И МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ ЗАВОДЫ

3.1. Мусороперегрузочные станции

Как уже отмечалось ранее, существует две системы транспортирования ТКО. Одноэтапная, или прямая, система подразумевает транспортирование ТКО мусоровозом от места временного накопления сразу до полигона. Двухэтапная система включает доставку ТКО до мусороперегрузочной станции (МПС), перегрузку и обработку, а также доставку отходов на полигоны или на предприятия для дальнейшей обработки/ утилизации/обезвреживания.

Обработка отходов – это предварительная подготовка отходов к дальнейшей утилизации, включая их сортировку, разборку, очистку [1].

В соответствии с природоохранным законодательством, сортировку твердых коммунальных отходов с извлечением из общей массы вторичных материалов (металлы, стекло, синтетические полимеры, бумага и пр.), которые далее направляются на утилизацию, и прессование отходов перед передачей на размещение можно считать обработкой.

На МПС принимаются для обработки твердые коммунальные отходы, образующиеся в жилых и общественных зданиях (включая отходы от текущего ремонта), отходы от отопительных устройств местного отопления, уличный и садово-парковый смет.

В двухэтапной системе для транспортирования до МПС используются собирающие мусоровозы малой ($6\div 10\text{ м}^3$) и средней ($16\div 26\text{ м}^3$) емкости. Для дальнейшего транспортирования на ОРО используются мусоровозы большой грузоподъемности (до 50 м^3).

Все МПС различают по:

- набору производимых операций по обработке ТКО (перегрузка, уплотнение, прессование, сортировка);
- исполнению (одноуровневые и двухуровневые);

- производительности (малые – до 50 т/сут, средние – до 150 т/сут, крупные – более 150 т/сут).

К основным преимуществам МПС относятся:

- 1) снижение общих расходов на транспортирование;
- 2) уменьшение общего количества мусоровозов;
- 3) снижение нагрузки на ОРО и увеличение сроков их эксплуатации;
- 4) снижение эмиссии загрязняющих веществ от полигонов ТКО;
- 5) более тщательный контроль качественных и количественных характеристик ТКО, поступающих на полигоны;
- 6) извлечение вторичных ресурсов при сортировке ТКО.

Наиболее полный цикл работы МПС может включать этапы, указанные в блок-схеме (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Этапы обработки ТКО на МПС

На первом этапе собранные оператором ТКО доставляются на станцию и выгружаются на площадку разгрузки. Для крупногабаритных отходов оборудуется отдельная площадка. Далее отходы погрузчиком загружаются на конвейерную ленту и подаются на распаковку.

Как правило, отходы приходят в пакетах, что затрудняет процедуру их сортировки. Поэтому используются специализированные бункеры «разрыватели пакетов» или роторно-ножевые дробилки. При этом общая

масса отходов разрыхляется и равномерно подается на сортировку (обогащение).

Обогащение ТКО осуществляется в несколько этапов, первым из которых является механизированная сепарация. Набор операций на линии механизированной сепарации обычно включает магнитную сепарацию черных металлов и удаление текстильной фракции.

Далее ТКО направляются в специальную установку для грохочения – сортировки массы по габаритам. Грохот отделяет крупную фракцию от более мелкой и направляет фракции на отдельные конвейерные линии. Стадии грохочения нередко предшествует сортировка ТКО в отделителе текстиля, поскольку некоторые конструкции грохотов не обеспечивают эффективного разделения влажных ТКО при высоком содержании в них текстильных компонентов. Так, барабанный грохот забивается текстилем в течение нескольких смен и перестает функционировать как сортирующее устройство. Применение вибрационных грохотов отчасти позволяет решить данную проблему.

Применяемые на МПС технологии предназначены, в основном, для извлечения ценного вторичного сырья и подготовки отходов к прессованию путем отбора нежелательных фракций (например, несминаемых: стекла, керамики).

Ручная сортировка остается наиболее экономичным вариантом разделения ТКО. Для сортировки используется тихоходный конвейер. Работники линии распределяют обработанный массив по нескольким бункерам – стекло, бумага, пластмассы, цветные металлы и т.п.

Отобранное на всех стадиях вторичное сырье пакетируется и складывается на территории станции для последующего направления на утилизацию. ТКО, не пригодные для компостирования или утилизации иным способом, называют «хвостами» линии. Такие отходы подлежат прессованию и размещению.

Прессование ТКО приводит к следующим положительным эффектам:

- уменьшение объема отходов и количества мусоровозов;
- уменьшение выбросов при перевозке отходов;
- уменьшение занимаемой отходами площади на ОРО;
- снижение пожароопасности отходов на ОРО;
- снижение количества фильтрата на ОРО.

В зависимости от задач МПС, задается различная степень уплотнения ТКО. Уплотнение до плотности $800 \div 1000 \text{ кг/м}^3$ позволяет снизить объем ТКО в $5 \div 10$ раз для облегчения транспортирования. Уплотнение отходов до плотности $1200 \div 1400 \text{ кг/м}^3$ приводит к удалению $80 \div 90 \%$ влаги и повышению калорийности ТКО для их последующего сжигания.

При уплотнении ТКО важнейшей задачей является правильный выбор режима прессования, который зависит от морфологического состава отходов, влажности, содержания органических веществ и других фактов.

Технологическая схема сортировки ТКО на МПС с комбинацией механизированной и ручной сортировок приведена на рис. 3.2. На схеме отсутствует тряпкоотделитель.

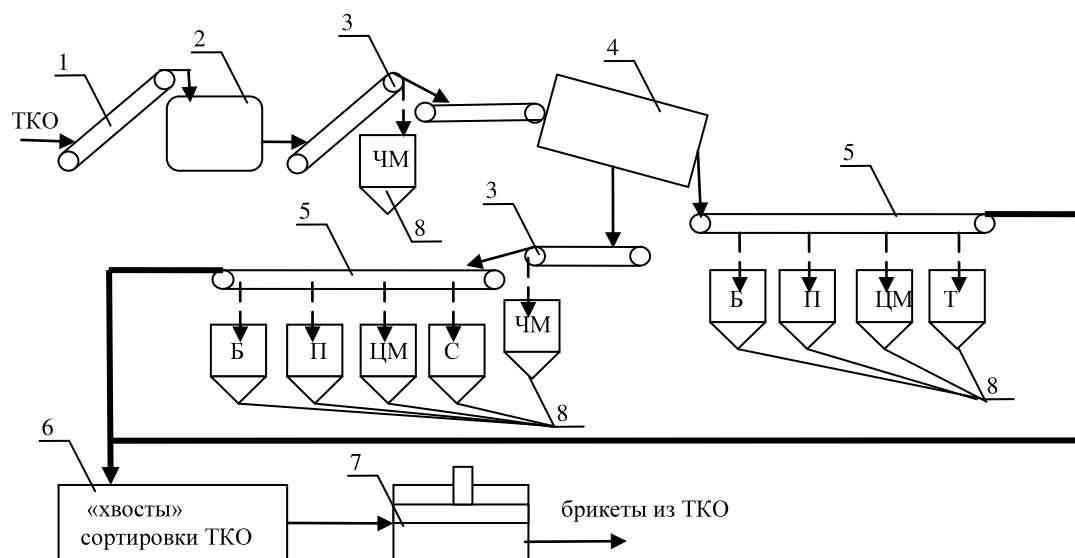


Рис. 3.2. Схема МПС:

- 1 – пластинчатый питатель; 2 – разрыватель пакетов; 3 – магнитные сепараторы I и II ступеней с вибропитателями; 4 – барабанный грохот; 5 – тихходные ленточные конвейеры (ручная сортировка); 6 – бункер «хвостов» линии сортировки ТКО;
 7 – каналный пресс; 8 – бункеры вторичного сырья;
 ЧМ – черные металлы; ЦМ – цветные металлы; Б – бумага и картон; П – пластмассы;
 С – стекло; Т – текстиль

На стадию прессования, как видно на схеме (рис. 3.2), поступают «хвосты» ручной сортировки. Примерный состав «хвостов» сортировки для крупного города РФ приведен в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Ориентировочный состав «хвостов» сортировки ТКО [15]

Компонент	Содержание компонента в «хвосте» сортировки, %
Пищевые отходы	13
Бумага, картон	11
Текстиль	5
Пластмасса	7
Древесина	1
Кожа, резина	1
Композиционные материалы	3
Металлы, стекло, камни, штукатурка и проч.	19
Отсев (менее 15 мм)	40

Влажность «хвостов» сортировки для приведенного в табл. 3.1 состава составляет около 37 %.

На большинстве МПС отходы после сортировки коммунальных отходов уплотняются в $5\div 10$ раз для облегчения транспортирования.

Для прессования кусковых отходов используют в основном гидравлические прессы (компакторы). Применяются канальные (удельное давление прессования $5\div 80$ МПа), штемпельные (удельное давление прессования до 100 МПа), вальцовые и кольцевые прессы.

Основные критерии выбора прессы:

- компрессионные свойства преобладающих в отходе компонентов;
- суточная и часовая производительности;
- требуемые плотность, масса и размер блоков;
- мощность сети;
- габаритные размеры.

Под компрессионными свойствами подразумевается способность отходов изменять плотность в зависимости от приложенного удельного давления. Компрессионная способность отходов зависит от

морфологического и фракционного состава, величины приложенного давления, а также влажности отходов. Необходимое удельное давление прессования обычно находится в обратной зависимости от влажности материала. Компрессионные характеристики ТКО при значениях влажности 37, 42 и 53 % могут быть приблизительно оценены по приведенному ниже графику (рис. 3.3).

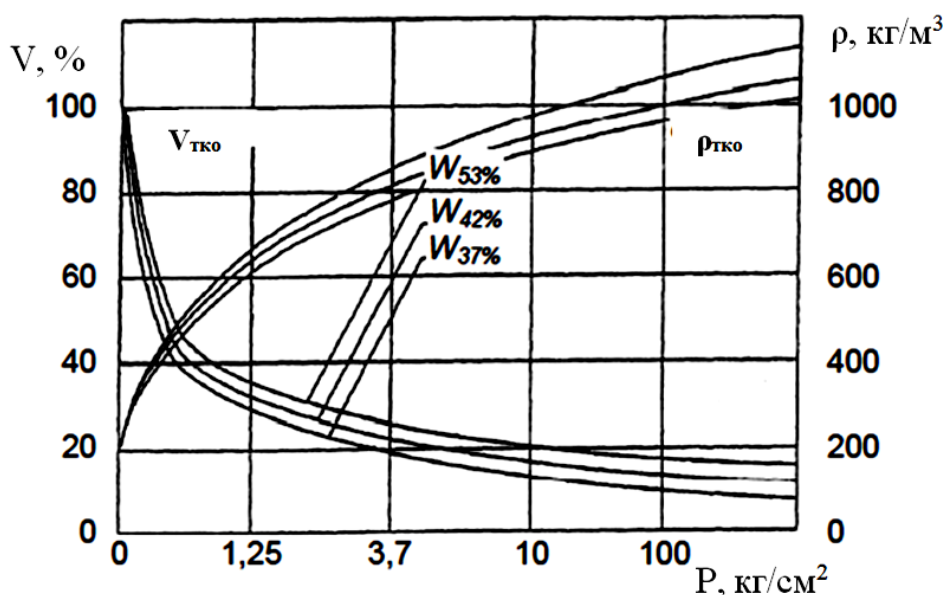


Рис. 3.3. Компрессионные характеристики ТКО [16]:
 P – удельное давление пресса; V – объем образца ТКО;
 ρ – плотность ТКО; W – влажность образцов

На графике видно, что удельное давление пресса в 4 кг/см^2 (400 кПа) обеспечивает достижение плотности 800 кг/м^3 для отходов влажностью порядка 50% , что связано с интенсивным удалением из ТКО влаги. Поэтому для уменьшения объема ТКО с целью облегчения логистики рекомендуемые давления $0,3 \div 0,6 \text{ кг/см}^2$. При удельном давлении более 100 кг/см^2 плотность возрастает до 1000 кг/м^3 , что снижает доступ кислорода в массу и препятствует метаногенезу. Прессование брикетов для размещения на ОРО проводится в интервале давлений $50 \div 300 \text{ кг/см}^2$ [3, 16].

Спрессованные брикеты армируют проволоочной обвязкой. При реализации безобвязочной технологии брикетирования ТКО применяют пресс-камеры с пуансонами конической конструкции.

Отдельной проблемой при эксплуатации МПС является образование фильтрата при прессовании отходов. В фильтрате в значительных количествах присутствуют опасные органические и неорганические соединения, а также возбудители инфекционных заболеваний. Наиболее распространенным способом обращения с фильтратом является его сброс в систему канализования с последующей очисткой на очистных сооружениях. На некоторых МПС применяется технология нейтрализации фильтрата смешением с золой с последующей иммобилизацией, например, в цементную матрицу [17].

Для крупногабаритных ТКО (мебель, деревянная тара и т.п.) на территории МПС обычно предусматривается специальная дробилка - «Шредер». Далее «хвосты» и «дробленка» могут быть направлены на утилизацию или размещение.

3.2. Мусороперерабатывающие заводы

Мусороперегрузочные станции с элементами сортировки по техническому оснащению весьма схожи с мусороперерабатывающими заводами малой и средней мощности. Но основным назначением мусороперерабатывающего завода, в отличие от мусороперегрузочной станции, является глубокая комплексная переработка (утилизация) ТКО.

Утилизация отходов – использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация) [1].

Объективно для ТКО, как для многокомпонентных смешанных отходов, применимо только третье направление утилизации. Однако

компоненты, извлеченные из ТКО на стадии сортировки, могут быть подвергнуты как рекуперации, так и регенерации.

Различают два типа мусороперерабатывающих заводов по производимой из ТКО продукции:

- заводы по механизированной переработке бытовых отходов (МПБО), производящие компост (техногрунт) - «ленинградская» схема;
- мусоросжигательные заводы (МСЗ), производящие тепловую энергию путем сжигания ТКО - «московская» схема.

Второй тип МПЗ будет рассмотрен во 2-й части настоящего учебного пособия.

Цикл работы МПЗ может включать этапы, указанные в блок-схеме (рис. 3.4).

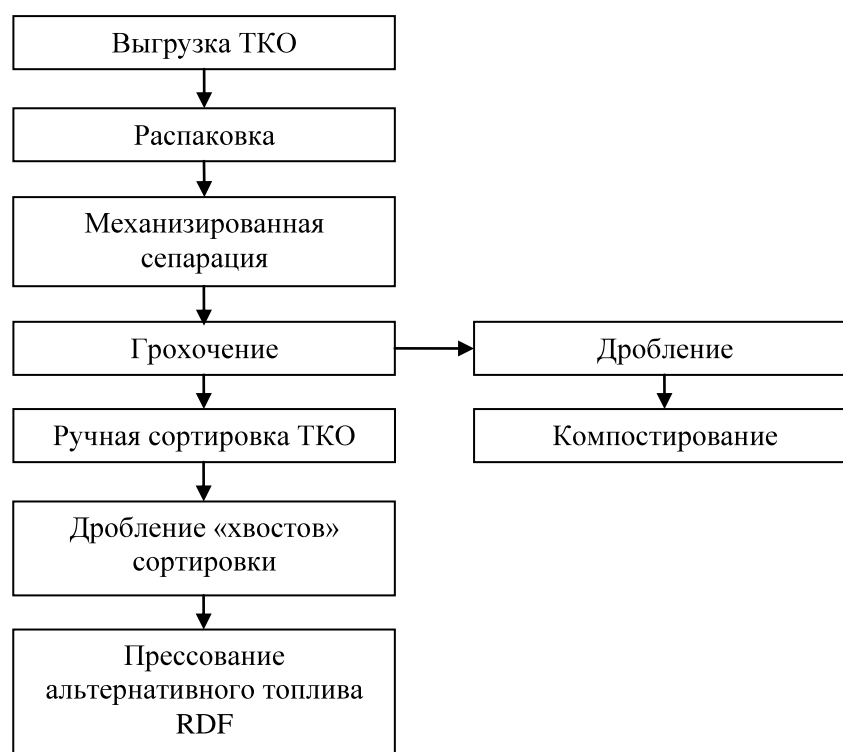


Рис. 3.4. Этапы переработки ТКО на МПЗ

Первые четыре этапа практически не отличаются от аналогичных этапов обработки ТКО на МПС. Механизированный мусоросортировочный комплекс может включать устройства магнитной сепарации черных металлов, электродинамической сепарации цветных

металлов, оптической сортировки полимеров, аэросепарации макулатуры, баллистической сепарации стекла, устройства удаления текстильной фракции и др.

Магнитные методы сепарации используются для отделения парамагнитных (слабомагнитных) и ферромагнитных (сильномагнитных) компонентов ТКО. Сильномагнитными свойствами обладают железо и его сплавы, слабомагнитными – оксиды железа после их обжига и некоторые другие вещества. Ряд оксидов, гидроксидов и карбонатов железа, марганца, хрома и редких металлов относится к материалам со слабомагнитными свойствами [18].

В магнитных сепараторах неоднородность магнитного поля создается полюсными наконечниками различной формы. Принципы разделения отходов в магнитном сепараторе показаны на рис. 3.5.

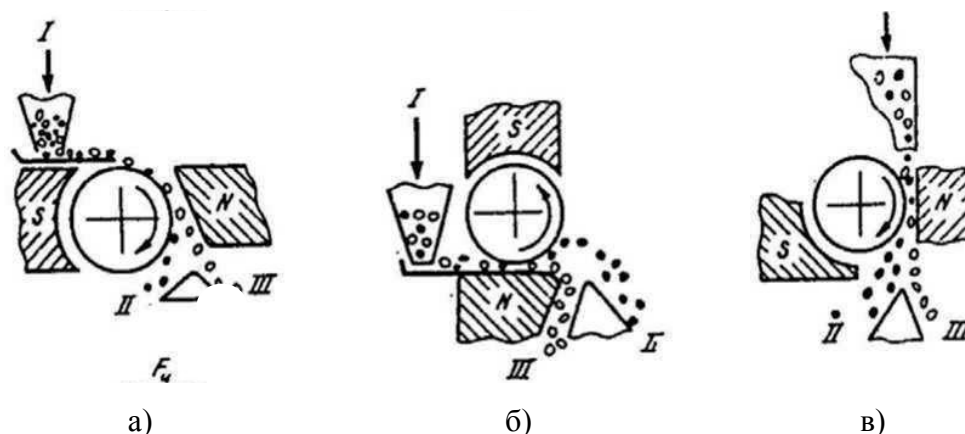


Рис. 3.5. Принципы разделения материалов в магнитном сепараторе:
а – верхняя подача; б – нижняя подача; в – вертикальная подача;
I – смешанный отход; II – магнитная фракция отхода; III – немагнитная фракция отхода

Существует несколько классификаций магнитных сепараторов, используемых для разделения отходов.

Классификация по конструкции: подвесные железоотделители, электромагнитные шайбы, электромагнитные шкивы, электромагнитные барабаны, электромагнитные сепараторы, мобильные электромагнитные установки.

Классификация по типу магнитного наконечника: электромагнитные и на постоянных магнитах.

Классификация по напряженности магнитного поля: слабомагнитные материалы обогащают в сильных магнитных полях (напряженностью $H = 800 \div 1600$ кА/м), сильномагнитные – в слабых полях ($H = 70 \div 160$ кА/м).

Ферромагнитными компонентами ТКО являются изделия из черных металлов, консервная тара и подобные им изделия, которые эффективно извлекаются в слабом магнитном поле напряженностью $90 \div 120$ кА/м. Поэтому для магнитной сепарации ТКО применяют, в основном, подвесные электромагнитные сепараторы-железоотделители (ПС), шкивные сепараторы (ШС) и барабанные сепараторы (БС). Последний изображен на рис. 3.6.

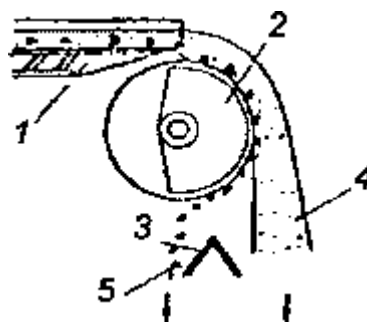


Рис. 3.6. Схема установки барабанного магнитного сепаратора с подачей отходов на барабан:

1 – вибропитатель; 2 – магнитный барабан; 3 – отсекающий (из немагнитного материала);
4 – немагнитный продукт; 5 – магнитный продукт

Устанавливают барабанный сепаратор таким образом, чтобы поток отходов поступал или непосредственно на барабан, или под барабан. Для повышения эффективности сепарации материал к барабану подают тонким слоем с помощью вибропитателя.

Практика показывает, что при извлечении черных металлов из массы ТКО в магнитный продукт попадают немагнитные примеси (макулатура, текстиль, полимерная пленка и др.), поэтому в технологической схеме обычно предусматривают повторную сортировку магнитного продукта для освобождения от неметаллических включений.

Грохочение в схемах сортировки ТКО, т.е. их разделение по классам крупности, осуществляется в барабанных, вибрационных или колосниковых грохотах.

Эффективность грохочения характеризуется отношением фактической массы подрешетного (нижнего) продукта грохота к общей массе подрешетного продукта в исходном материале:

$$\eta_{гр} = M_{ниж} / M_{ниж}^0 \quad (3.1)$$

где $M_{ниж}$ – фактическая масса подрешетного продукта грохота, т;

$M_{ниж}^0$ – суммарная масса частиц размером менее диаметра отверстий грохота в исходном материале, т [18].

На эффективность грохочения отходов влияют их состав и свойства, размер отверстий и конструкция грохота, режим работы грохота. Наличие текстиля, пленочных компонентов и высокая влажность ТКО снижают эффективность грохочения. Повысить эффективность грохочения можно путем уменьшения толщины слоя загружаемого на грохот материала.

Наиболее распространены в схемах сепарации ТКО вибрационные и барабанные грохоты (рис. 3.7).

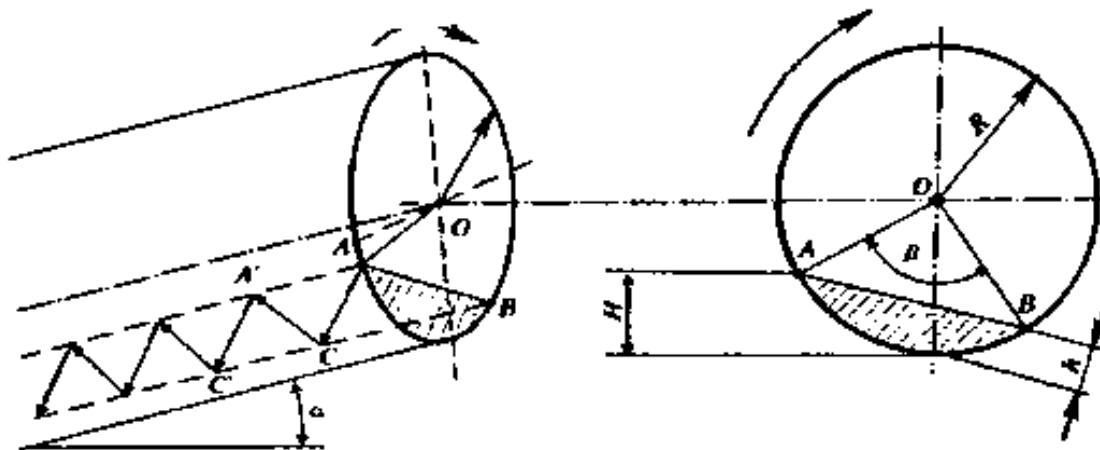


Рис. 3.7. Схема движения материала в барабанном грохоте [19]:

R – радиус барабана, м; H – высота подъема материала, м; h – толщина сегментного слоя отходов, м; α – угол наклона барабана относительно горизонтали; β – угол отрыва

Как показано на рис. 3.7, отход загружается внутрь вращающегося барабана и попадает на просеивающую поверхность. Куски отхода под действием сил трения увлекаются внутренней поверхностью

вращающегося барабана и поднимаются на высоту H над нижней образующей. После того как поверхность АВ занимает положение плоскости естественного откоса, куски скатываются по этой поверхности и, за счет наклона барабана, перемещаются по траектории АС, продвигаясь вниз к разгрузочному концу барабана [19].

При выборе барабанных грохотов необходимо учитывать, что внутренний диаметр барабана должен не менее чем в $8\div 14$ раз превышать максимальный размер фрагментов загружаемого материала. Барабанные грохоты, используемые на МПС и МПЗ, обычно имеют размер отверстий 250 мм. Средняя эффективность грохочения составляет 0,82.

Ручную сортировку ТКО производят с ленты горизонтального тихоходного конвейера (ширина ленты – не более 1200 мм, оптимальная скорость – $0,1\div 0,2$ м/с). Посты ручного отбора оборудуются с двух сторон сортировочного конвейера и оснащены системами местного усиленного освещения, пылеподавления и кондиционирования воздуха. Ручной сортировке обычно подвергается крупнокусковой материал (класс грохочения +250 мм), поскольку крупный материал не содержит пищевых отходов. В табл. 3.2 приведены сведения о производительности и эффективности ручной сортировки ТКО по отечественным данным и сведениям Международной ассоциации по твердым отходам [19, 20].

Таблица 3.2

Практические сведения о производительности и эффективности ручной сортировки ТКО (по готовой продукции)

№ п/п	Вид материала	Производительность, кг/ч на одного рабочего	Эффективность извлечения, %
1	Бумага и картон ¹	700-4500	60-95
2	Стеклотара (без сортировки по цвету) ²	400-800	70-95
3	Пластмассовая тара и упаковка (ПЭТФ, ПЭВД) ²	140-280	80-95
4	Алюминиевые банки ²	45-55	80-95

¹ Извлечение из потока, преимущественно содержащего 1 или 2 вида макулатуры.

² Извлечение из потока, преимущественно содержащего металл, стекло и пластмассу.

Эффективность ручной сортировки во многом зависит от организации стадий сбора и транспортирования коммунальных отходов. Селективный сбор отдельных компонентов и разделение потоков отходов от жилых домов и от нежилых (офисных и бытовых) помещений значительно упрощает и удешевляет стадию их сортировки и повышает ее эффективность. Важно отметить, что элементы ручной сортировки включены за рубежом в большинство схем комплексной переработки ТКО.

Подрешетный продукт грохочения (класс грохочения -250 мм) в основном состоит из пищевых отходов, которые могут быть направлены на компостирование.

Компостирование – это процесс биохимической декомпозиции, трансформации, биостабилизации органических твердых отходов в контролируемых аэробных условиях в стабильный продукт, используемый для улучшения состава и свойств почвы.

В процессе компостирования температурный режим органической массы меняется с мезофильного ($30\div 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) до термофильного ($50\div 55\text{ }^{\circ}\text{C}$) за счет выделения массой тепла. В мезофильной фазе источником тепла являются реакции разложения легкоокисляемых органических соединений, в термофильной фазе процесс продолжают термофильные бактерии.

Наиболее распространены два способа компостирования органической фракции ТКО: одностадийный – в буртах на площадке созревания и двухстадийный – в механических устройствах (биотермических барабанах, туннелях, бассейнах, реакторах и т.п.) с последующим дозреванием на площадке [21].

На рис. 3.8. изображена одна из применяемых двухстадийных схем компостирования органической фракции ТКО после сортировки и грохочения.

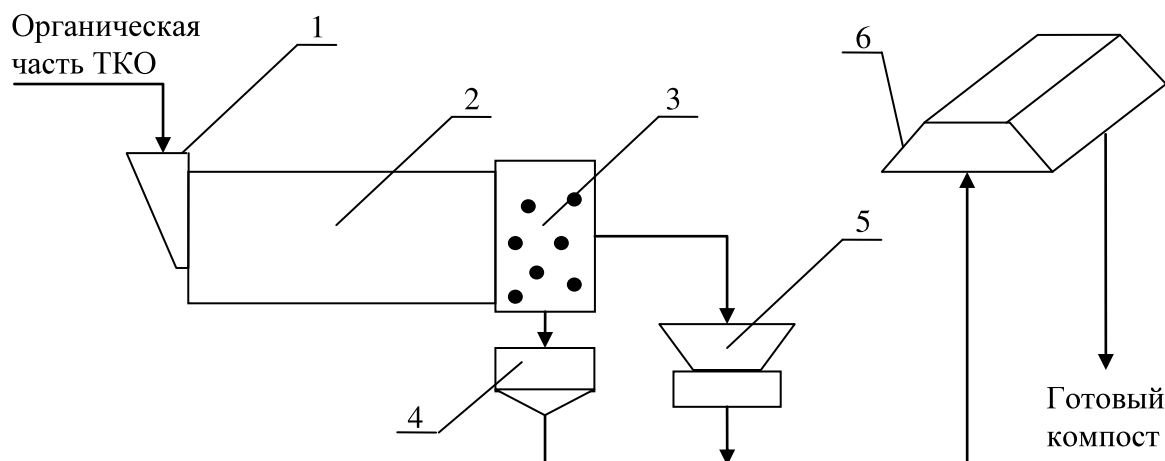


Рис. 3.8. Схема компостирования ТКО с использованием биотермического барабана:

1 – загрузочная воронка биотермического барабана; 2 – биотермический барабан; 3 – сортировочный узел; 4 – бункер мелкой фракции; 5 – дробилка для крупной фракции; 6 – площадка с буртами дозревания компоста

Биотермический барабан представляет собой горизонтальный вращающийся цилиндр, в который подается нагретый воздух. Диаметр барабана составляет 3÷4 м, длина 20÷36 м [21].

Активность аэробных сапрофитных бактерий в биотермическом барабане поддерживают за счет следующих параметров:

- значительная площадь удельной поверхности компостируемой массы;
- оптимальный режим аэрации компостируемой массы (расход воздуха $0,12 \div 0,15 \text{ м}^3/\text{кг}$);
- оптимальный уровень pH ($6 \div 7,5$);
- оптимальная интенсивность перемешивания массы (частота вращения $1000 \div 1500 \text{ об/сут}$);
- оптимальная влажность ($45 \div 55 \%$);
- оптимальный температурный режим.

Срок выдержки массы в биотермическом барабане варьируется от 8 ч до 3 сут.

После биотермического барабана свежий компост поступает в сортировочный узел. Мелкая фракция направляется на площадку

дозревания сразу после классификации, крупная фракция дробится до крупности 6 мм и также направляется на площадку дозревания компоста.

Дозревание компоста осуществляется в буртах (штабелях) на специальной площадке с твердым покрытием. Площадка оборудуется системой дренажа, системой естественной аэрации буртов и, в некоторых случаях, системой принудительного удаления и очистки выбросов от дурнопахнущих соединений (фенол, метилмеркаптан, сероводород, аммиак и др.). Для обеспечения равномерного созревания компост перемешивается специальной ворошильной машиной.

После созревания компост может быть подвергнут повторному фракционированию при помощи виброгрохота для удаления стекла и других некомпостируемых фракций [21].

Достаточно новым направлением в области утилизации ТКО является производство твердого вторичного топлива – RDF (refuse derived fuel).

RDF – это топливо, полученное из высококалорийных компонентов отходов.

В состав RDF входят синтетические полимеры, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, древесина и другие компоненты «хвостов» сортировки. Высококалорийную фракцию ТКО после грохочения и ручной сепарации измельчают до размера 20÷25 мм, сушат и прессуют в топливные гранулы (пеллеты).

Для дробления ТКО используются щековые, конусные, валковые и роторные дробилки. При измельчении «хвостов» сортировки применяются преимущественно роторно-ножевые дробилки.

Низшая теплота сгорания гранул RDF варьируется от 5,5 до 20 МДж/кг, что обуславливает возможность его использования в качестве основного или вспомогательного топлива в печах цементных и металлургических заводов, котлах теплоэлектроцентралей и др. [22].

3.3. Методика расчета завода МПБО

Упрощенный расчет завода МПБО проводится в несколько этапов:

- 1) расчет приемно-разгрузочного отделения (ПРО);
- 2) расчет мусоросортировочного комплекса (МСК) (механизированной и ручной сортировки);
- 3) расчет биотермического барабана;
- 4) расчет площадки дозревания компоста.

Первые два пункта описанной ниже методики могут быть использованы и для расчета МПС.

1. *Приемно-разгрузочное отделение* включает в себя площадки разгрузки ТКО, приемный бункер, разгрузочные посты и площадки установки разгрузочных воронок, грузоподъемное оборудование (мостовые краны с грейферными ковшами) и др.

Расчетная суточная мощность приемно-разгрузочного отделения (максимальная производительность завода по приему ТКО) рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{пр}} = \frac{M^{\text{год}}}{\tau_{\text{пр}}}, \text{ т/сут}, \quad (3.2)$$

где $M^{\text{год}}$ – среднегодовая производительность завода МПБО по ТКО, т/год. В расчетах за среднегодовую производительность можно принимать среднегодовой норматив образования твердых коммунальных отходов от населенного пункта или отдельного района;

$\tau_{\text{пр}}$ – продолжительность расчетного периода, в течение которого ТКО поступают на завод, сут/год.

Заводы МПБО работают круглогодично, однако отходы на них поступают неравномерно. Отходы могут не поступать из населенного пункта в воскресенья и некоторые праздничные дни. Рекомендуется принимать продолжительность расчетного периода 310 сут/год [23].

Требуемый суммарный объем приемных бункеров может быть определен по формуле:

$$V_{п.б} = \frac{M_{пр} \cdot \tau_{нак}}{\rho_{ТКО} \cdot \eta_{зап}}, \text{ м}^3 \quad (3.3)$$

где $\tau_{нак}$ – максимальная продолжительность накопления отходов в приемном бункере, сут;

$\rho_{ТКО}'$ – плотность ТКО, накапливаемых в бункере с учетом естественного уплотнения, т/м³;

$\eta_{зап}$ – коэффициент заполнения бункера, $\eta_{зап} = 0,85$.

Максимальная продолжительность накопления отходов в приемном бункере определяется исходя из практики функционирования заводов МПБО и составляет 2÷4 сут.

Необходимое число приемных постов:

$$n_{пп} = \frac{M_{пр} \cdot t \cdot k_1}{m \cdot \tau_{пп}}, \quad (3.4)$$

где t – продолжительность полного цикла разгрузки мусоровоза с учетом заезда и выезда с поста, ч;

k_1 – коэффициент неравномерности прибытия мусоровозов, $k_1 = 1,5$;

m – масса ТКО, перевозимых мусоровозом за 1 рейс, т;

$\tau_{пп}$ – продолжительность работы приемного поста, ч/сут [24].

Продолжительность работы приемного поста совпадает с продолжительностью работы всего приемно-разгрузочного отделения. Рекомендуется при расчетах принимать продолжительность работы в 1,5 смены продолжительностью 8 ч (12 ч/сут) [23].

Полученное значение округляется до целого числа в большую сторону. Как правило, на один приемный бункер проектируется 1÷2 приемных поста.

2. В *мусоросортировочный комплекс* обычно поступает вся масса ТКО, поступившая в приемно-разгрузочное отделение. В этом случае расчетная суточная производительность МСК определяется по формуле:

$$M_{МСК}^с = \frac{M^{год}}{\tau_{МСК}}, \text{ т/сут}, \quad (3.5)$$

где $\tau_{\text{мск}}$ – продолжительность расчетного периода, в течение которого ТКО поступают в мусоросортировочный комплекс, сут/год. При расчетах рекомендуется принимать продолжительность работы МСК 317 сут/год.

Необходимое количество линий сортировки в МСК рассчитывается исходя из количества рабочих смен по формуле:

$$n_{\text{мск}} = \frac{m_{\text{мск}}}{2} = \frac{M_{\text{пр}}}{Q_{\text{мск}} \cdot \tau_{\text{см}} \cdot 2}, \quad (4.6)$$

где $m_{\text{мск}}$ – необходимое количество рабочих смен;

2 – коэффициент, учитывающий максимальное суточное количество рабочих смен на одну линию сортировки;

$Q_{\text{мск}}$ – максимальная производительность одной механизированной линии сортировки, т/ч. Рекомендуется при расчетах принимать максимальную производительность линии сортировки 25 т/ч;

$\tau_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч.

Количество линий сортировки округляется в большую сторону до ближайшего целого значения.

Ориентировочные данные для оценки пооперационной эффективности механизированной и ручной сортировки ТКО в МСК приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Характеристики продуктов, выделенных из исходных ТКО на стадиях магнитной сепарации, отделения текстиля и грохочения [25]

Компонент	Выход извлекаемой фракции на различных стадиях сортировки (от массы компонента, поступающего на стадию), %				
	магнитная сепарация	отделение текстиля	грохочение		ручная сортировка
			менее 250 мм	более 250 мм	
Бумага, картон	0,1	10	50	50	5
Пищевые и растительные отходы	0,1	1	95	5	-
Черные металлы	45	-	100	-	-
Цветные металлы	-	-	100	-	0,5
Текстиль	0,5	70	60	40	-

Компонент	Выход извлекаемой фракции на различных стадиях сортировки (от массы компонента, поступающего на стадию), %				
	магнитная сепарация	отделение текстиля	грохочение		ручная сортировка
			менее 250 мм	более 250 мм	
Стекло	-	-	100	-	3
Пластмассы	0,5*	40*	70	30	2**
Кожа, резина	-	2	70	30	-
Древесина	-	2	90	10	-
Камни, керамика	-	-	95	5	-
Кости	-	-	95	5	-
Прочее	0,5	5	90	10	-
Отсев (менее 15 мм)	-	-	100	-	-

Примечания: * преимущественно полимерная пленка;

** преимущественно полимерная тара [24].

По табл. 3.3 определяется масса ТКО, поступающих на каждую стадию сортировки, и масса компонентов, извлекаемых из ТКО на стадиях сортировки. Рекомендуется проводить расчеты суточного и часового выхода отдельных компонентов и остатка ТКО в целом для каждой стадии.

Магнитный сепаратор для линии сортировки выбирают по каталогу (Приложение 5), исходя из требуемой производительности по ТКО.

Производительность магнитного сепаратора зависит от большого набора факторов. Приблизительная оценка производительности магнитного сепаратора на сухую массу отходов:

$$Q_{\text{мс}} = q_{\text{мс}} \cdot n_{\text{мс}} \cdot L_{\text{мс}}, \text{ т/ч}, \quad (3.7)$$

где $q_{\text{мс}}$ – удельная производительность магнитного сепаратора, т/(м·ч);

$n_{\text{мс}}$ – количество головных барабанов, валков или роликов в магнитном сепараторе;

$L_{\text{мс}}$ – рабочая длина барабана, валка или ролика магнитного сепаратора, м [18].

Удельная производительность определяется по следующей формуле:

$$q_{\text{мс}} = 0,82 \cdot \omega_{\text{мс}} \cdot \rho_{\text{Ме}} \cdot \frac{d_1 - d_2}{\lg(d_2/d_1)} \cdot a \cdot b, \text{ т/(м·с)}, \quad (3.8)$$

где ω_{mc} – скорость перемещения ТКО по конвейеру, м/с;

ρ_{Me} – плотность извлекаемого металла, т/м³;

d_1 – наибольший диаметр извлекаемых металлических фрагментов, м;

d_2 – наименьший диаметр извлекаемых металлических фрагментов, м;

a, b – эмпирические коэффициенты. Для ТКО принимать: $a = 1, b = 1$.

Необходимое количество головных барабанов магнитного сепаратора может быть определено по формуле (3.7) путем замены производительности магнитного сепаратора на часовой массовый расход ТКО, поступающих на магнитную сепарацию из приемного отделения (M_{TKO} , т/ч). Количество головных барабанов округляется в большую сторону до ближайшего целого значения.

Барабанный грохот выбирают по каталогу (Приложение 6) исходя из производительности и максимального размера кусков загружаемых в него ТКО.

Производительность барабанного грохота определяется по формуле:

$$Q_{гр} = 720 \cdot \rho_{TKO} \cdot \gamma \cdot v_{гр} \sqrt{R^3 \cdot h^3} \cdot \operatorname{tg} 2\alpha, \text{ т/ч}, \quad (4.9)$$

где ρ_{TKO} – плотность ТКО, поступающих на грохочение, т/м³;

γ – коэффициент разрыхления материала. Коэффициент разрыхления варьируется в интервале $0,6 \div 0,8$;

$v_{гр}$ – частота вращения барабанного грохота, об/мин;

R – радиус барабана, м;

h – толщина сегментного слоя материала (ТКО), м;

α – угол наклона грохота, град.

Частота вращения барабанного грохота принимается в пределах:

$$v_{гр} = \left(\frac{13}{D_{гр}} \right) \div \left(\frac{20}{\sqrt{D_{гр}}} \right), \text{ об/мин}, \quad (3.10)$$

где $D_{гр}$ – диаметр барабана грохота, м.

Толщина сегментного слоя материала, находящегося в барабане грохота, не должна превышать двойного максимального размера кусков отхода:

$$h \leq 2 \cdot d_{\max}, \text{ м}, \quad (3.11)$$

где $d_{\max}$ – размер самого крупного фрагмента (куска) в массе ТКО, подаваемой в грохот, м [19].

Необходимое количество барабанных грохотов можно определить по формуле:

$$n_{\text{гр}} = \frac{M_{\text{ТКО}}^{\text{II}}}{Q_{\text{гр}}}, \quad (3.12)$$

где $M_{\text{ТКО}}^{\text{II}}$ – количество ТКО, поступающих на стадию грохочения после тряпкоотделителя, т/ч.

Количество барабанных грохотов округляется в большую сторону до ближайшего целого значения.

3. На компостирование направляется подрешетный продукт грохочения – органосодержащая часть ТКО. Перед подачей в *биотермический барабан* органосодержащую часть ТКО накапливают во вспомогательном (резервном) бункере.

Объем резервного бункера:

$$V_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{ТКО}}^{\text{III}} \cdot \tau_{\text{бб}}}{\rho_{\text{орг}} \cdot \eta_{\text{зап}}}, \text{ м}^3, \quad (3.13)$$

где $M_{\text{ТКО}}^{\text{III}}$ – суточное количество органосодержащих ТКО, поступающих на компостирование из подрешетной области барабанного грохота, т/сут;

$\tau_{\text{бб}}$ – продолжительность выдержки ТКО в биотермическом барабане, сут;

$\rho_{\text{орг}}$ – плотность органосодержащих ТКО из подрешетной области барабанного грохота на входе в барабан, т/м³;

$\eta_{\text{зап}}$ – коэффициент заполнения бункера, $\eta_{\text{зап}} = 0,85$.

Биотермический барабан выбирают по каталогу (Приложение 7) исходя из производительности.

Удельная теплота компостирования ориентировочно определяется по формуле:

$$q_k = Q_{1\%} \cdot \frac{\Delta G}{\tau_{\text{бб}}}, \text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{ч}) \quad (3.14)$$

где $Q_{1\%}$ - количество тепловой энергии, выделяющейся при полном окислении 1 % сухой массы органосодержащих ТКО, кДж/кг;

ΔG – снижение содержания органического вещества на сухую массу за время пребывания массы в биотермическом барабане, %. Содержание органического вещества в массе снижается в среднем на 1,9÷2,2 %, поэтому рекомендуется при расчетах принимать $\Delta G=2$ %;

$\tau_{\text{бб}}$ – продолжительность выдержки ТКО в биотермическом барабане, ч.

Количество тепловой энергии, выделяющейся при полном окислении 1 % сухой массы органосодержащих ТКО, определяется по формуле:

$$Q_{1\%} = Q_H^r \cdot \Delta M_{1\%} = Q_H^r \cdot \frac{1-W}{100}, \text{кДж}/\text{кг}, \quad (3.15)$$

где Q_H^r – низшая теплота сгорания органического вещества ТКО на горючую массу, кДж/кг;

$\Delta M_{1\%}$ - потеря массы органосодержащих ТКО при разложении 1 % органического вещества с учетом влажности, кг;

W – влажность ТКО, доли от 1.

Интенсивность выделения тепла компостируемым материалом в этом случае составит:

$$N_B = \frac{M_{\text{бб}} \cdot q_k}{3600}, \text{кВт}, \quad (3.16)$$

где $M_{\text{бб}}$ – количество органосодержащих ТКО, загружаемых в биотермический барабан, кг.

Количество материала, загружаемого в биотермический барабан, не должно превышать максимальную массу загрузки, которая определяется по формуле:

$$M_{\text{бб}}^{\text{max}} = V_{\text{пол}} \cdot \rho_{\text{бб}}^{\text{max}}, \text{кг}, \quad (3.17)$$

где $V_{\text{пол}}$ – полезный объем биотермического барабана, м³ (Приложение 7);

$\rho_{\text{бб}}^{\text{max}}$ – наибольшая плотность компоста, достигаемая на выходе из биотермического барабана при соблюдении оптимальных сроков и режима компостирования, кг/м³.

В процессе пребывания материала в биотермическом барабане плотность органосодержащих ТКО достигает 700 кг/м³ [24].

Выделяемое массой тепло расходуется на подогрев компостируемого материала, подогрев аэрационного воздуха, испарение влаги и компенсацию тепловых потерь в окружающую среду.

4. *Расчет площадки дозревания компоста* сводится к определению необходимой площади площадки складирования.

Количество компоста, которое поступает на стадию дозревания после выдержки в биотермическом барабане, можно рассчитать по формуле:

$$M_{\text{ТКО}}^{\text{IV}} = 0,95 \cdot M_{\text{бб}}, \text{ кг}, \quad (3.18)$$

где 0,95 – коэффициент, учитывающий 5 % потери массы при компостировании.

Для оценки необходимой площади площадки дозревания рассчитывается предельный объем компоста, который поступает на площадку за период созревания:

$$V_{\text{ТКО}}^{\text{IV}} = \frac{M_{\text{ТКО}}^{\text{IV}} \cdot \tau_{\text{доз}}}{\rho_{\text{бб}}^{\text{max}} \cdot \tau_{\text{бб}}}, \text{ м}^3, \quad (3.19)$$

где $\tau_{\text{доз}}$ – продолжительность дозревания компоста на площадке, ч.

Дозревание компоста происходит в течение 3÷4 месяцев, т.е. до 122 сут.

Дозревание компоста осуществляется в буртах. Схема бурта приведена на рис. 3.9.

Для выполнения дальнейших расчетов рекомендуется предварительно оценить объем бурта, который рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{бурт}} = \frac{1}{2} \cdot h \cdot (a + b) \cdot l, \text{ м}^3. \quad (3.20)$$

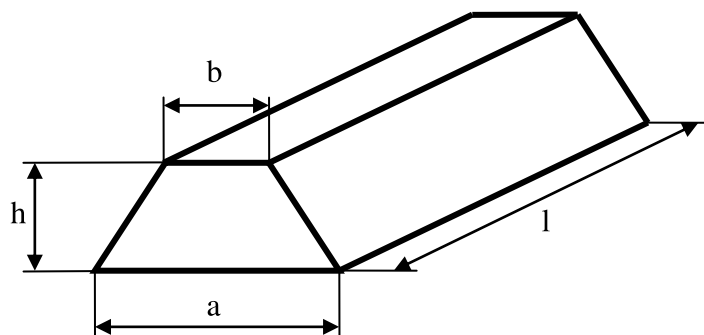


Рис 3.9. Схема бурта для компостирования отходов:
 a – ширина нижнего основания бурта; b – ширина верхнего основания бурта;
 h – высота бурта; l – длина бурта

С целью облегчения процесса ворошения компоста высота бурта обычно составляет 1,2 м, длина – до 30 м, угол откоса – 45° .

Необходимое количество буртов определяется по формуле:

$$n_{\text{бурт}} = \frac{V_{\text{ТКО}}^{\text{IV}}}{V_{\text{бурт}}}. \quad (3.21)$$

Полученное значение округляется в большую сторону до ближайшего целого числа.

Необходимая площадь прямоугольной площадки дозревания определяется по формуле:

$$S_{\text{доз}} = ((a + a_{\text{пр}}) \cdot n_{\text{бурт}} + a_{\text{пр}}) \cdot (1 + 2a_{\text{пр}}), \text{ м}^2, \quad (3.22)$$

где $a_{\text{пр}}$ – ширина проездов между буртами, м. Рекомендуемая ширина проездов составляет 3 м.

3.4. Практическое задание

Выполнить расчет приемно-разгрузочного отделения завода по механизированной переработке бытовых отходов, мусоросортировочного комплекса, биотермического барабана и площадки дозревания компоста. Выбрать основное оборудование для утилизации ТКО на заводе МПБО, используя Приложения 4÷7.

За среднегодовую производительность принимать среднегодовой норматив образования твердых коммунальных отходов от населенного пункта, полученный при выполнении первого практического задания. При

расчете приемного отделения могут быть использованы данные, полученные при выполнении второго практического задания.

Плотности материала на разных стадиях обработки на заводе МПБО приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Плотности ТКО и продуктов их обработки

Стадия обработки	Материал	Плотность, т/м ³
Накопление в бункере ПРО (с учетом естественного уплотнения)	несортированные ТКО	0,25
Подача на механизированную сортировку	несортированные ТКО	0,2
Подача на ручную сортировку	сортированные ТКО	0,25
Подача в биотермический барабан	органосодержащая часть ТКО	0,2
Выгрузка из биотермического барабана	компост	0,7
Дозревание на площадке	компост	0,52

При расчетах принимать:

- Продолжительность полного цикла разгрузки мусоровоза с учетом заезда и выезда с поста принимать 1 ч.
- Скорость перемещения ТКО по конвейеру магнитного сепаратора – 1 м/с.
- Плотность извлекаемого металла (для консервных банок) – 7,8 т/м³.
- Наибольший диаметр извлекаемых металлических фрагментов для консервных банок – 150 мм.
- Наименьший диаметр извлекаемых металлических фрагментов для некалфицируемого материала – 1,5 мм.
- Коэффициент разрыхления материала в барабанном грохоте – 0,7.
- размер самого крупного фрагмента (куска) в массе ТКО, подаваемой в грохот – 380 мм.
- Степень заполнения биотермического барабана – 60÷70 %.
- Срок нахождения компоста в биотермическом барабане – 48 ч. Из них: 3 ч – загрузка, 5 ч – выгрузка.
- Продолжительность дозревания компоста – 3 месяца.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89 «Об отходах производства и потребления» (с изм. и доп. от 29.07.2018 г.) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения: 20.10.2018).
2. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 г. № 242 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» (с изм. и доп. от 28.11.2017 г.) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_218071/ (дата обращения: 20.10.2018).
3. Систер В.Г., Мирный А.Н., Скворцов Л.С. и др. Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание): справочник. – М.: АКХ им. К.Д. Панфилова, 2001. – 319 с.
4. Биотехнология и микробиология анаэробной переработки органических коммунальных отходов: коллективная монография / общ. ред. и составл. А.Н. Кожевниковой и др. - М.: Университетская книга, 2017. – 320 с.
5. Постановление Правительства РФ от 04.04.2016 г. № 269 «Об определении нормативов накопления твердых коммунальных отходов» (с изм. и доп. от 27.02.2017 г.) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ. URL: <http://base.garant.ru/71368740/213133d5bc3872bea09a0c021f79205d/> (дата обращения: 10.09.2018).
6. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 28 июля 2016 г. № 524/пр «Об утверждении Методических рекомендаций по вопросам, связанным с определением нормативов накопления твердых коммунальных отходов» [Электронный ресурс] // ГАРАНТ. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71373166/> (дата обращения: 10.09.2018).

7. Распоряжение Комитета по тарифам Санкт-Петербурга Правительства Санкт-Петербурга от 14 апреля 2017 г. № 30-р «Об установлении нормативов накопления твердых коммунальных отходов на территории Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс] // Консорциум Кодекс. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456059598/> (дата обращения: 12.09.2018).

8. Приказ Управления Ленинградской области по организации и контролю деятельности по обращению с отходами от 03.07.2017 г. № 5 «Об установлении нормативов накопления твердых коммунальных отходов» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&n=206589&base=SPB&page=esse&rnd=0.3133214915086885&from=187969-0#02739364111110538> / (дата обращения: 09.12.2018).

9. Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 28 декабря 2010 г. № 820 «Об утверждении свода правил СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [Электронный ресурс] // Консорциум Кодекс. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902268769/> (дата обращения: 20.09.2018).

10. Постановление Правительства РФ от 31.08.2018 г. № 1039 «Об утверждении Правил обустройства мест (площадок) накопления твердых коммунальных отходов и ведения их реестра» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_306039/ (дата обращения: 29.11.2018).

11. Сборник важнейших официальных материалов по санитарным и противозидемическим вопросам. В семи томах / под ред. В.М.Подольского. Том 2. В двух частях. Часть 1. Санитарные правила и нормы (СанПин), гигиенические нормативы и перечни методических рекомендаций по коммунальной гигиене (вопросы охраны атмосферного воздуха, водоемов и др.). – М.: ИИЦ Госкомсанэпиднадзора Российской Федерации, 1994. – 303 с.

12. Бычковский И.В., Минц И.Г., Киркорова Н.П. Методические рекомендации по формированию тарифов на услуги по уничтожению, утилизации и захоронению твердых бытовых отходов. – М.: Государственный комитет РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике, Институт экономики ЖКХ. – 2003. – 43 с.
13. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ/ADR) от 30.09.1957 (заключено в г. Женеве) [Электронный ресурс] // Законодательство РФ. URL: <http://legalacts.ru/doc/evropeiskoe-soglashenie-o-mezhdunarodnoi-dorozhnoi-perevozke-opasnykh/> (дата обращения: 16.09.2018).
14. Приказ Минстроя РФ от 06.12.1994 г. № 13 «Об утверждении рекомендаций по нормированию труда работников предприятий внешнего благоустройства. Часть 1. Рекомендации по нормированию труда работников предприятий по эксплуатации дорожного, зеленого хозяйства и санитарной очистки городов [Электронный ресурс] // Законодательство РФ. URL: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-minstroja-rf-ot-06121994-n-13/#100005/> (дата обращения: 16.09.2018).
15. Тугов А.Н., Смирнова О.А. К вопросу о строительстве в Московской области заводов по сжиганию ТКО // ТБО. – 2018. - № 10. – С.8-12.
16. Баловнев В.И., Данилов Р.Г., Кустарев Г.В. и др. Компакторы. Уплотнители твердых бытовых и промышленных отходов. Устройство, основы расчета: учеб. пособие; под общ. ред. Г.В. Кустарева. – М.: МАДИ, 2014. – 100 с.
17. Островкин И. М., Островкин П. И. Обезвреживание концентрата фильтрата полигонов твердых бытовых отходов золами уноса мусоросжигательных заводов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2012. – № 2. – С. 91-97.

18. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности (основы энвайроменталистики): учебник. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2000. – 800 с.
19. Шубов Л.Я., Ставронский М.Е., Шехирев Д.В. Технологии отходов (Технологические процессы в сервисе): учебник. – М.: МГУС, 2006. – 410 с.
20. Шубов Л.Я., Федоров Л.Г., Залепухин Р.В. Аналитическая, эколого-экономическая и технологическая оценка промышленных методов переработки твердых бытовых отходов мегаполиса // Науч. и техн. аспекты охраны окруж. среды / ВИНТИ. 1998. – № 3. – С. 20-55.
21. Компостирование твердых органических отходов производства и потребления. Вермикомпостирование: монография; под ред. Я.И. Вайсмана. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та. – Пермь, 2010. – 557 с.
22. Линии производства альтернативного топлива RDF [Электронный ресурс] // Экоросстрой. URL: <http://www.ecorosstroy.ru/RDF/> (дата обращения: 23.11.2018).
23. Шубов Л.Я., Ставронский М.Е., Олейник А.В. Технология твердых бытовых отходов: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 400 с.
24. Мирный А.Н., Скворцов Л.С., Пупырев Е.Н. и др. Санитарная очистка и уборка населенных мест: справочник. – М.: АКХ им. К.Д. Панфилова, 2010 г. – 368 с.
25. Матросов А.С. Управление отходами. – М.: Гардарики, 1999. – 480 с.
26. Барабанные магнитные сепараторы серий СМБМ и СМБМ-2 [Электронный ресурс] // НПО «ЭРГА». URL: https://erga.ru/products/magnetic_separators/smbm/ (дата обращения: 23.11.2018).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ	4
1.1. Общие положения идентификации отходов	4
1.2. Методика расчета нормативов образования ТКО	10
1.3. Практическое задание	12
2. СБОР И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ.....	15
2.1. Общие положения по сбору и транспортированию ТКО	15
2.2. Методика расчета сбора и транспортирования ТКО.....	20
2.3. Практическое задание.....	23
3. МУСОРОПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ СТАНЦИИ И МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ ЗАВОДЫ.....	24
3.1. Мусороперегрузочные станции	24
3.2. Мусороперерабатывающие заводы	30
3.3. Методика расчета завода МПБО	39
3.4. Практическое задание.....	47
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	49
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	54

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Федеральный классификационный каталог отходов (извлечение) [2]

Код	Наименование
7 30 000 00 00 0	ОТХОДЫ КОММУНАЛЬНЫЕ, ПОДОБНЫЕ КОММУНАЛЬНЫМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И ПРИ ПРЕДОСТАВЛЕНИИ УСЛУГ НАСЕЛЕНИЮ
7 31 000 00 00 0	Отходы коммунальные твердые
7 31 100 00 00 0	Отходы из жилищ
7 31 110 00 00 0	Отходы из жилищ при совместном сборе
7 31 110 01 72 4	отходы из жилищ несортированные (исключая крупногабаритные)
7 31 110 02 21 5	отходы из жилищ крупногабаритные
7 31 120 00 00 0	Отходы из жилищ при раздельном сборе
7 31 200 00 00 0	Отходы от уборки территории городских и сельских поселений, относящиеся к твердым коммунальным отходам
7 31 200 01 72 4	мусор и смет уличный
7 31 200 02 72 5	мусор и смет от уборки парков, скверов, зон массового отдыха, набережных, пляжей и других объектов благоустройства
7 31 200 03 72 5	отходы от уборки территорий кладбищ, колумбариев
7 31 205 11 72 4	отходы от уборки прибордюрной зоны автомобильных дорог
7 31 210 00 00 0	Отходы от зимней уборки улиц
7 31 211 00 00 0	Отходы от снеготаяния с применением снегоплавильного оборудования
7 31 211 01 72 4	отходы с решеток станции снеготаяния
7 31 211 11 39 4	осадки очистки оборудования для снеготаяния с преимущественным содержанием диоксида кремния
7 31 211 61 20 4	отходы снеготаяния с применением снегоплавильного оборудования, обезвоженные методом естественной сушки, малоопасные
7 31 211 62 20 5	отходы снеготаяния с применением снегоплавильного оборудования, обезвоженные методом естественной сушки, практически неопасные
7 31 290 00 00 0	Прочие отходы от уборки территории городских и сельских поселений
7 31 300 00 00 0	Растительные отходы при уходе за газонами, цветниками, древесно-кустарниковыми посадками, относящиеся к твердым коммунальным отходам
7 31 300 01 20 5	растительные отходы при уходе за газонами, цветниками
7 31 300 02 20 5	растительные отходы при уходе за древесно-кустарниковыми посадками
7 31 900 00 00 0	Прочие твердые коммунальные отходы

Продолжение Прил. 1

Код	Наименование
7 33 000 00 00 0	<i>Отходы потребления на производстве, подобные коммунальным</i>
7 33 100 00 00 0	Мусор от офисных и бытовых помещений предприятий, организаций, относящийся к твердым коммунальным отходам
7 33 100 01 72 4	мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)
7 33 100 02 72 5	мусор от офисных и бытовых помещений организаций практически неопасный
7 33 151 01 72 4	мусор от бытовых помещений судов и прочих плавучих средств, не предназначенных для перевозки пассажиров
7 33 200 00 00 0	Мусор и смет производственных и складских помещений, не относящийся к твердым коммунальным отходам
7 33 210 01 72 4	мусор и смет производственных помещений малоопасный
7 33 210 02 72 5	мусор и смет производственных помещений практически неопасный
7 33 220 01 72 4	мусор и смет от уборки складских помещений малоопасный
7 33 220 02 72 5	мусор и смет от уборки складских помещений практически неопасный
7 33 300 00 00 0	Смет и прочие отходы от уборки территории предприятий, организаций, не относящийся к твердым коммунальным отходам
7 33 310 00 00 0	Смет с территории гаража, автостоянки, автозаправочной станции
7 33 310 01 71 4	смет с территории гаража, автостоянки малоопасный
7 33 310 02 71 4	смет с территории автозаправочной станции малоопасный
7 33 321 11 71 4	смет с территории нефтебазы малоопасный
7 33 371 11 72 4	отходы от уборки причальных сооружений и прочих береговых объектов порта
7 33 380 00 00 0	Растительные отходы при уходе за территориями размещения производственных объектов, объектов инженерной и транспортной инфраструктур
7 33 381 01 20 4	растительные отходы при кошении травы на территории производственных объектов малоопасные
7 33 381 02 20 5	растительные отходы при кошении травы на территории производственных объектов практически неопасные
7 33 382 02 20 5	растительные отходы при расчистке охранных зон и полос отвода объектов инженерной инфраструктуры
7 33 387 11 20 4	растительные отходы при уходе за зелеными насаждениями на территории производственных объектов малоопасные

Продолжение Прил. 1

Код	Наименование
7 33 387 12 20 5	растительные отходы при уходе за зелеными насаждениями на территории производственных объектов практически неопасные
7 33 390 00 00 0	Смет с прочих территорий предприятий, организаций
7 33 390 01 71 4	смет с территории предприятия малоопасный
7 33 390 02 71 5	смет с территории предприятия практически неопасный
7 33 393 21 49 4	смет с взлетно-посадочной полосы аэродромов
7 33 900 00 00 0	Прочие отходы потребления на производстве, подобные коммунальным
7 35 000 00 00 0	<i>Отходы при предоставлении услуг оптовой и розничной торговли, относящиеся к твердым коммунальным отходам</i>
7 35 100 00 00 0	Отходы (мусор) от уборки территории и помещений объектов оптово-розничной торговли
7 35 100 01 72 5	отходы (мусор) от уборки территории и помещений объектов оптово-розничной торговли продовольственными товарами
7 35 100 02 72 5	отходы (мусор) от уборки территории и помещений объектов оптово-розничной торговли промышленными товарами
7 36 000 00 00 0	<i>Отходы при предоставлении услуг гостиничного хозяйства и общественного питания, предоставлении социальных услуг населению</i>
7 36 100 00 00 0	Отходы кухонь и предприятий общественного питания
7 36 100 01 30 5	пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания несортированные
7 36 100 02 72 4	отходы кухонь и организаций общественного питания несортированные прочие
7 36 100 11 72 5	непищевые отходы (мусор) кухонь и организаций общественного питания практически неопасные
7 36 101 01 39 4	отходы жиров при разгрузке жиρούловителей
7 36 110 01 31 4	масла растительные, отработанные при приготовлении пищи
7 36 111 11 32 4	отходы фритюра на основе растительного масла
7 36 181 11 10 3	отходы мойки оборудования кухонь, столовых, предприятий общественного питания раствором ортофосфорной кислоты
7 36 200 00 00 0	Отходы (мусор) от уборки гостиниц, отелей и других мест временного проживания, относящиеся к твердым коммунальным отходам
7 36 210 01 72 4	отходы (мусор) от уборки помещений гостиниц, отелей и других мест временного проживания несортированные

Код	Наименование
7 36 411 11 72 5	отходы (мусор) от уборки территории и помещений социально-реабилитационных учреждений
7 36 911 11 42 4	отходы очистки воздуховодов вентиляционных систем гостиниц, отелей и других мест временного проживания
7 36 400 00 00 0	Отходы (мусор) от уборки помещений, организаций, оказывающих социальные услуги, относящиеся к твердым коммунальным отходам
7 37 000 00 00 0	<i>Отходы при предоставлении услуг в области образования, искусства, развлечений, отдыха и спорта, относящиеся к твердым коммунальным отходам</i>
7 37 100 01 72 5	отходы (мусор) от уборки территории и помещений учебно-воспитательных учреждений
7 37 100 02 72 5	отходы (мусор) от уборки территории и помещений культурно-спортивных учреждений и зрелищных мероприятий

Приложение 2

Категории объектов, в отношении которых могут устанавливаться
нормативы накопления твердых коммунальных отходов [6]

№ п/п	Наименование категории объектов	Расчетная единица, в отношении которой устанавливается норматив
ОБЪЕКТЫ ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ		
1	Административные здания, учреждения, конторы:	
	научно-исследовательские, проектные институты и конструкторские бюро	1 сотрудник или 1 м ² общей площади
	банки, финансовые учреждения	1 сотрудник или 1 м ² общей площади или 1 посетитель
	отделения связи	1 сотрудник или 1 м ² общей площади или 1 посетитель
	административные, офисные учреждения	1 сотрудник или 1 м ² общей площади
2	Предприятия торговли:	
	продовольственный магазин	1 м ² общей площади
	промтоварный магазин	1 м ² общей площади
	павильон	1 м ² общей площади
	лоток	1 торговое место
	палатка, киоск	1 м ² общей площади
	торговля с машин	1 торговое место
	супермаркет (универмаг)	1 м ² общей площади
	рынки продовольственные	1 м ² общей площади
	рынки промтоварные	1 м ² общей площади

№ п/п	Наименование категории объектов	Расчетная единица, в отношении которой устанавливается норматив
3	Предприятия транспортной инфраструктуры:	
	автомастерские, шиномонтажная мастерская, станция технического обслуживания	1 машино-место
	автозаправочные станции	1 машино-место
	автостоянки и парковки	1 машино-место
	Гаражи, парковки закрытого типа	1 машино-место
	Автомойка	1 машино-место
	Железнодорожные и автовокзалы, аэропорты, речные порты	1 пассажир
4	Дошкольные и учебные заведения:	
	Дошкольное образовательное учреждение	1 ребенок
	Общеобразовательное учреждение	1 учащийся
	Учреждение начального и среднего профессионального образования, высшего профессионального и послевузовского образования или иное учреждение, осуществляющее образовательный процесс	1 учащийся
	детские дома, интернаты	1 место
5	Культурно-развлекательные, спортивные учреждения:	
	клубы, кинотеатры, концертные залы, театры, цирки	1 место
	библиотеки, архивы	1 место
	выставочные залы, музеи	1 м ² общей площади или 1 посетитель
	спортивные арены, стадионы	1 место
	спортивные клубы, центры, комплексы	1 место
	зоопарк, ботанический сад	1 м ² общей площади или 1 посетитель
	пансионаты, дома отдыха, туристические базы	1 м ² общей площади или 1 место
6	Предприятия общественного питания:	
	кафе, рестораны, бары, закусочные, столовые	1 место
7	Предприятия службы быта:	
	мастерские по ремонту бытовой и компьютерной техники	1 м ² общей площади
	мастерские по ремонту обуви, ключей, часов и пр.	1 м ² общей площади
	ремонт и пошив одежды	1 м ² общей площади
	химчистки и прачечные	1 м ² общей площади
	парикмахерские, косметические салоны, салоны красоты	1 место
	гостиницы	1 место
	общежития	1 место
	бани, сауны	1 место или 1 посетитель

№ п/п	Наименование категории объектов	Расчетная единица, в отношении которой устанавливается норматив
8	Предприятия в сфере похоронных услуг:	
	Кладбища	1 место
	Крематории	1 м ² общей площади
	Организация, оказывающая ритуальные услуги	1 м ² общей площади
9	Садоводческие кооперативы, садово-огородные товарищества	1 участник (член)
10	Предприятия иных отраслей промышленности	1 сотрудник или 1 м ² общей площади
ДОМОВЛАДЕНИЯ		
1	Многоквартирные дома	1 проживающий или 1 м ² общей площади
2	Индивидуальные жилые дома	1 проживающий или 1 м ² общей площади

Приложение 3

Каталог сборников ТКО (пример)

Описание	Объем (вместимость), м ³	Масса, кг	Габаритные размеры (ДхШхВ), мм
Контейнер пластиковый несменяемый с крышкой	0,24	15	740*580*1100
Контейнер пластиковый несменяемый	0,36	16,2	803*747*1072
Контейнер пластиковый несменяемый с крышкой	0,66	45	860*1370*1200
Контейнер металлический несменяемый	0,75	90	980*980*1200
Контейнер металлический “Лодочка”, сменяемый, 4 загрузочных люка	6	420	3125*1780*1600
Контейнер металлический сменяемый, 4 загрузочных люка	6	700	2080*3205*1420
Контейнер металлический сменяемый, 6 загрузочных люков	9	950	2395*3880*1550
Контейнер металлический сменяемый, 6 загрузочных люков	12	950	2290*3910*1750
Контейнер открытый металлический (пукто), сменяемый	20	2250	2500*6285*1682
Контейнер открытый металлический (пукто), сменяемый	27	2530	2500*6285*2190

Приложение 4

Каталог мусоровозов

№ п/п	Марка	Грузоподъемность, т / емкость, м ³
1	КО-440-5	8,5 / 22
2	КО-427-01	9,7 / 18
3	КО-456-14	4,1 / 10
4	МКГ	3,1 / 8,6
5	МКМ-111	2,95 / 8,6
6	МКЗ-10	4,5 / 10,0
7	Kobit PRESKO 7	3 / 7
8	Kobit PRESKO 11	4 / 11
9	Kobit PRESKO 14	7 / 14
10	Kobit PRESKO 15	7 / 15

Приложение 5

Технико-эксплуатационные характеристики магнитных сепараторов [26]

Показатель	Марки барабанных магнитных сепараторов					
	СМБП 200x200	СМБП 335x300	СМБП 335x600	СМБП 600x500	СМБП 600x1000	СМБП 600x1500
Рабочая длина барабана, мм	200	300	600	500	1000	1500
Диаметр барабана, мм	200	335	335	600	600	600
Производительность, м ³ /ч	1,5	4	7	10	25	40
Потребляемая мощность, кВт	0,18	0,25	0,5	0,75	3	5,5
Масса, кг	100	195	300	900	1150	1400

Приложение 6

Технико-эксплуатационные показатели барабанных грохотов

Марка, модель	Размеры просеивающей поверхности, м		Размер отверстий, мм	Угол наклона барабана, град
	длина	диаметр		
Стационарный барабанный грохот «Модель 722»	22	7	250	5
Стационарный барабанный грохот «Скреен»	22	7	250	4
Стационарный барабанный грохот «Новатор»	16,4	4,83	200-250	6
Стационарный барабанный грохот самоочистной	12,63	5	200-250	7
Мобильный барабанный грохот "ABONO-DT5"	4,5	1,6	250	4

Приложение 7

Технико-эксплуатационные показатели биотермических барабанов [24]

Показатель	Марки биотермических барабанов				
	КМ-101	КМ-101А	КМ-102	КМ-102Б	КМ-103
Внутренний диаметр, м	4	4	4	4	5
Длина барабана, м	36	36	60	60	75
Толщина стенок, мм	20	20	20	20	20
Уклон, %	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Полезный объем, м ³	250	300	530	530	1000
Производительность, тыс. т/год (тыс. м ³ /год)*	15 (80)	20 (105)	32 (160)	35 (175)	66 (330)
Интенсивность загрузки/выгрузки, т/ч	12÷16	15÷18	20	25	30÷38
Общая масса барабана, т	314	314	613	613	960

* При начальной плотности загружаемого материала 200 кг/м³.

Редактор и корректор Н.П. Новикова
Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2019 г., поз.2

Подписано к печати 18.01.19 г. Формат 60x84/16. Бумага тип № 1.

Печать офсетная. 4,0 печ.л.; 4,0 уч.-изд. л. Тираж 50 экз.

Изд. № 2. Цена «С». Заказ №

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095,
Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.