

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Техногенная безопасность и метрология»

РАСЧЕТ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Методические указания
к выполнению практической работы
по дисциплине «Системы защиты техносферы»
для студентов направления подготовки
20.03.01 «Техносферная безопасность»

Севастополь
СевГУ
2023

УДК [628.472.3:628.4.032](076.5)

ББК 30.69я73

Р24

Р е ц е н з е н т:

Д. Е. Сидоров – канд. техн. наук, доцент,
кафедра «Технологии машиностроения»
Политехнического института СевГУ

Составители: Е.В. Буркова, Т.Ю. Хоменко, Д.В. Бурков

Р24 Расчет полигона твердых коммунальных отходов : методические указания к выполнению практической работы по дисциплине «Системы защиты техносферы» для студентов направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» / Севастопольский государственный университет, Политехнический институт, кафедра «Техногенная безопасность и метрология»; сост.: Е. В. Буркова, Т. Ю. Хоменко, Д. В. Бурков. – Севастополь: СевГУ, 2023. – 20 с. – Текст : электронный.

Предназначены для методического обеспечения дисциплины «Системы защиты техносферы».

Целью методических указаний является приобретение навыков расчета высоконагружаемого полигона твердых коммунальных отходов для условного населенного пункта по дисциплине «Системы защиты техносферы».

УДК [628.472.3:628.4.032](076.5)

ББК 30.69я73

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Техногенная безопасность и метрология», протокол № 9 от 15 июня 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Цель практической работы.....	4
1. Краткие теоретические сведения.....	4
1.1. Классификация отходов.....	6
1.2. Состав, свойства и объем твердых коммунальных отходов.....	6
1.3. Способы обезвреживания твердых коммунальных отходов.....	8
1.3.1. Термическая обработка твердых коммунальных отходов.....	8
1.3.2. Аэробное биотермическое компостирование твердых коммунальных отходов.....	9
1.4. Условия размещения полигонов ТКО.....	9
1.5. Нормы накопления ТКО.....	12
2. Порядок выполнения расчетов.....	12
2.1. Определение общей вместимости полигона ТКО.....	12
2.2. Определение площади полигона.....	13
2.3. Уточнение высоты "холма" ТКО и расчет параметров котлована.....	14
3. Индивидуальное задание.....	15
4. Контрольные вопросы.....	15
Библиографический список.....	16
Приложение А.....	17
Приложение Б.....	20

ЦЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Приобретение навыков расчета высоконагружаемого полигона твердых коммунальных отходов для условного населенного пункта.

1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Твёрдые бытовые отходы (по правилам, действующим в 2021 году, они называются Твёрдые коммунальные отходы или ТКО) – одна из ключевых экологических проблем человеческого общества. До недавнего времени, пока не ввели новые правила обращения с ТКО (это произошло в 2019 году), вывоз мусора и твердых бытовых отходов в частном секторе регулировалось небрежно.

В настоящее время для любого населенного пункта проблема удаления или обезвреживания ТКО является, в первую очередь, проблемой экологической. При этом важно, чтобы процессы утилизации ТКО не нарушали экологическую безопасность города, нормальное функционирование городского хозяйства и не ухудшали условия жизни населения.

Производственная и бытовая деятельность человека неминуемо связана с образованием твердых отходов. Если газообразные и жидкие отходы сравнительно быстро поглощаются природной средой, то ассимиляция твердых отходов длится десятки и сотни лет. Места складирования отходов занимают громадные территории. По данным Минприроды, ежегодно в России образуется около 70 млн тонн твёрдых коммунальных отходов, каждый год – на 3 % больше. Перерабатывается всего 5 - 7 % мусора, остальное захоранивается. Национальный проект «Экология» предусматривает, что к 2024 году должно перерабатываться 36 % отходов, для этой цели должна быть построена система раздельного сбора в масштабах страны и построены заводы по переработке общей мощностью 37 млн тонн. Площадь мусорных полигонов в России 4 миллиона гектаров. Проблема отходов – это проблема больших городов, и чем больше город, тем эта проблема острее.

Отходы производства и потребления (далее - отходы) – вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с настоящим Федеральным законом. К отходам не относится донный грунт, используемый в порядке, определенном законодательством Российской Федерации; (в ред. Федеральных законов от 29.12.2014 N 458-ФЗ, от 16.12.2019 N 431-ФЗ) [1].

Твердые коммунальные отходы (ТКО) – 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 [2].

После разработки и представления территориальных схем обращения с отходами региональные власти выбирают региональных операторов и подписывают с ними контракты на определенные сроки (обычно на 10–15 лет).

Региональным оператором может стать частная компания (в том числе иностранная) или государственное предприятие (унитарное или муниципальное). Он может сам заниматься всеми этапами обращения с ТКО, а может выполнять только надзорные функции, нанимая подрядчиков и контролируя их работу.

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).

На полигоны ТКО принимаются твердые бытовые отходы из жилых домов и общественных зданий, учреждений, предприятий торговли и общественного питания, а также уличный, садово-парковый строительный мусор и другие виды твердых отходов при соответствующем обосновании, а также промышленные отходы III - IV классов опасности принимаются с ограничением в соответствии с Приложением А таблицы А.1, А.2, А.3 и с разрешения местных органов санитарно-эпидемиологической и экологической служб и пожарной инспекции. Промышленные отходы IV класса опасности могут использоваться на полигоне твердых бытовых отходов, как изолирующий материал.

Приему на полигон ТКО **не подлежат** отходы, которые могут быть вторичным сырьем (при возможности утилизации): отходы, содержащие токсические, отравляющие и агрессивные по отношению к сооружениям полигона ТКО вещества.

Как правило, складированию на полигонах ТКО подлежит только та часть твердых бытовых отходов, которая не может быть утилизирована.

Рекомендуется при полигонах ТКО предусматривать специальные сооружения для извлечения ресурсно-ценных компонентов ТКО в соответствии с действующим законодательством.

Отходы, запрещенные к захоронению

1 января 2021 года был опубликован перечень отходов, запрещенных к захоронению. В основе закон №89-ФЗ. Список состоит из 182 пунктов.

По большей степени он касается утилизации промышленного мусора, пригодного для вторичной переработки, повторного получения сырья:

- отходы черной и цветной металлургии;
- редкоземельные металлы, которые могут переплавляться, повторно использоваться на производствах;
- чугун, медь;
- соединения, включающие ртуть;
- бумажные изделия, картон;

- резина;
- изделия из пластмасс;
- стекло.

С 2021 года расширение списка:

- компьютерная техника;
- картриджи от принтеров;
- бытовая техника;
- аккумуляторы различных типов.

Планируется обязать предприятия на законодательном уровне сортировать мусор и отправлять его на переработку. Весь процесс должен быть задокументирован. При отсутствии у предпринимателя соответствующих бумаг к нему должны быть применены штрафные санкции с последующей административной ответственностью.

1.1. Классификация отходов

Отходы подразделяются:

- на бытовые (коммунальные) - твердые и жидкие отходы, не утилизируемые в быту, образующиеся в результате жизнедеятельности людей и амортизации предметов быта;
- промышленные - остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие исходные потребительские свойства;
- сельскохозяйственные - отходы, образующиеся в ходе сельскохозяйственного производства;
- строительные - отходы, образующиеся в процессе строительства зданий и сооружений (в том числе дорог и других коммуникаций) и производстве строительных материалов.
- потребления - изделия и машины, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа;
- радиоактивные - неиспользуемые радиоактивные вещества материала, образующиеся при работе ядерных реакторов при производстве и применении радиоактивных изотопов.

Отходы и промышленного и сельскохозяйственного производства, называются также производственными отходами. Они могут быть токсичными и нетоксичными.

Токсичные - отходы, способные вызывать отравление или иное поражение живые существ.

1.2. Состав, свойства и объем твердых коммунальных отходов

С учетом потребительских свойств и предпочтений населения, компоненты имеют разную долю в общем объеме ТКО. Их значения по регионам

России колеблются. В силу различия физических свойств и химического состава, компоненты отличаются по плотности.

Морфологический состав. В состав ТКО входят следующие компоненты, представлены в табл. 1 [3].

Т а б л и ц а 1

Морфологический состав ТКО

Наименование	Доля, %	Плотность, кг/м ³
Пищевые отходы	24 - 34	330 - 450
Бумага и картон	17 - 23	60 - 100
Стекло	8 - 16	200 - 315
Пластик	7 - 17	15 - 40
Отсев менее 16 мм	5 - 10	200 - 400
Текстиль	3 - 7	80 - 120
Строительные отходы	2 - 4	350 - 600
Кожа резина	2 - 3	240 - 270
Металл	2 - 5	50 - 150
Дерево и фанера	1 - 2	170 - 220
Прочие отходы	5 - 15	70 - 120

Следует обратить внимание, что уплотнённость компонента из группы отходов значительно отличается от физической плотности материала. Обусловлено это потребительскими качествами. Металл, стекло, пластик и картон выбрасываются чаще всего как использованная тара, а кожа и резина, как поношенная одежда и обувь.

Компоненты отходов имеют разную плотность, и потому их доля оказывает влияние на конечную, средне однородную плотность ТКО, которая находится в пределах 120 - 200 кг/м³.

В состав пищевых отходов входят картофельные очистки, отходы овощей, фруктов, хлеба и хлебопродуктов, мясные и рыбные отходы, яичная скорлупа и другие. Они содержат крахмал, жиры, белки, углеводы, клетчатку, витамины. Влажность пищевых отходов колеблется от 60...70 % весной до 80...85 % летом и осенью. Влажность пищевых отходов ресторанов, столовых и других предприятий питания достигает 95 %.

Ранее в регионах отходы складировались в основном на неподготовленных и необустроенных свалках. При такой организации свалок главную роль играли факторы, учитывающие сиюминутную экономику средств при эксплуатации свалок. Поэтому свалки оказались расположенными в основном на неиспользуемых землях, в отработанных карьерах стройматериалов, вблизи населенных пунктов. Игнорирование роли геологических условий при выборе участков под свалки ТКО и пренебрежение природоохранными мероприятиями привели к тому, что многие свалки стали источниками интенсивного воздействия на природную среду и человека.

Решение проблемы экологической безопасности ТКО хорошо известно - вовлечение их в промышленную переработку и утилизацию. В части утили-

зации твердых коммунальных отходов имеется много информации, но единая определяющая точка зрения по этому вопросу пока не разработана. Выбор технологии зависит от количества отходов, экономических соображений, технических возможностей.

Среди существующих способов утилизации ТКО в мировой практике наиболее часто используют такие методы:

- складирование и захоронение на полигонах;
- биологическую утилизацию;
- термическую обработку.

Технологии обезвреживания ТКО в отдельных странах приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Технологии обезвреживания ТКО в отдельных странах

Страна	Количество ТКО, млн т/год	Утилизация ТКО, %, различными методами			
		Складирование	Термическая обработка	Компостирование	Другие методы
Россия	56	93,7	2	1,3	—
Англия	16,5	89	9,5	1,4	0,1
Германия	32,5	64,5	30	5	0,5
Франция	16	46,4	40,7	12	0,9
США	235	85	14	0,1	0,9
Япония	32	27	70	0,3	2,7

Из приведенных данных видно, что большинство стран отдают предпочтение технологии складирования твердых бытовых (коммунальных) отходов на полигонах.

Единая цель этих способов – обезвреживание ТКО, их максимальная утилизация, ликвидация, недопущение образования новых свалок и нанесения вреда окружающей среде.

1.3. Способы обезвреживания твердых коммунальных отходов

1.3.1. Термическая обработка твердых коммунальных отходов

В отличие от западных стран, этот способ не получил у нас большого распространения. На период 2022 года в России функционирует 243 мусороперерабатывающих завода, 50 мусоросортировочных комплексов и 10 мусоросжигательных заводов. При этом свалками заняты семь миллионов гектаров земли. Ежегодно на них вывозят свыше 250 кубометров только твердых коммунальных отходов.

Севастополь был выбран участником проекта по строительству современного технологического комплекса с полным циклом переработки отхо-

дов. Экотехнопарк будет оснащен передовыми российскими технологическими решениями, которые позволят максимально использовать вторсырье.

Среди способов обезвреживания твердых бытовых отходов большое внимание уделяется их ликвидации путем сжигания в специальных печах на МСЗ. В то же время обычные процессы сжигания твердых бытовых отходов сопровождается образованием сильно токсичных веществ, в том числе и диоксидов.

Весьма перспективным считается сжигание ТКО в расплавах металлов или в расплавленном шлаке. Преимущество этого способа заключается в том, что из-за высокой температуры разложение твердых бытовых отходов происходит очень быстро и полностью, а минеральные составляющие расплавляются и переходят в шлак.

1.3.2. Аэробное биотермическое компостирование твердых коммунальных отходов

Аэробная биотермическое компостирование. Наиболее перспективной является утилизация ТКО на заводах, работающих по технологии и аэробного биотермического компостирования. При этом ТКО обезвреживаются и превращаются в компост, который представляет собой органическое удобрение, содержащее азот, фосфор, калий и микроэлементы. В результате превращения в компост, составные элементы ТБО вовлекаются в естественный круговорот веществ в биосфере. Производительность такого завода достигает 1 млн куб.м.

В процессе аэробной биотермической переработки ТБО выход компоста составляет от 60 до 68 % от исходной массы в приемном бункере. Готовый компост представляет собой рыхлую массу с запахом почвы. В нем содержится до 1 % азота, 0,6 % фосфора, 0,3 % калия, 2,5 % кальция и 60 % органического вещества. Такой компост по эффективности равноценен навозу животноводческих ферм.

1.4. Условия размещения полигонов ТКО

Согласно своду правил «Полигоны для твердых коммунальных отходов» (СП 320.1325800.2017) Дата введения 2018-05-18.

Проектирование, эксплуатация и рекультивация полигонов, ТКО размещают при выполнении следующих условий.

1. На землях несельскохозяйственного назначения, непригодных для сельского хозяйства, ухудшенного качества, не занятых зелеными насаждениями.

2. На участках, где есть возможность осуществления мероприятия и внедрения инженерных решений, исключающих загрязнение окружающей природной среды, развитие опасных геологических процессов или других негативных процессов и явлений.

3. На участках, прилегающих к городским территориями, если они не включены в живую застройку в соответствии с генеральным планом развития города на ближайшие 20 - 25 лет, а также под перспективную застройку.

4. На участках, характеризующихся природной защищенностью подземных вод от загрязнения.

5. За границами зон возможного влияния на водозаборы, поверхностные воды, заповедники, курорты и так далее.

6. С учетом розы ветров относительно жилой застройки, зон отдыха и других мест массового пребывания населения, за границами санитарно-защитной зоны.

7. За границами городов.

8. На расстоянии не менее:

- 15 км от аэропортов;
- 3 км от границы курортного города, открытых водоемов хозяйственного назначения, объектов, используемых в культурно-оздоровительных целях, заповедников, мест отдыха перелетных птиц, морского побережья;
- 1 км от границы городов;
- 0,5 км от и общественной застройки (санитарно защитная зона);
- 0,2 км от сельскохозяйственных угодий и от автомобильных и железнодорожных путей общей сети;
- 0,05 км от границы леса и лесопосадок, не предназначенных для использования в рекреационных целях.

9. Грунтовые воды на участке размещения полигонов ТКО должны находиться на глубине не менее 2 м от его основания.

Полигоны ТКО в зависимости от особенности расположения в рельефе делятся на:

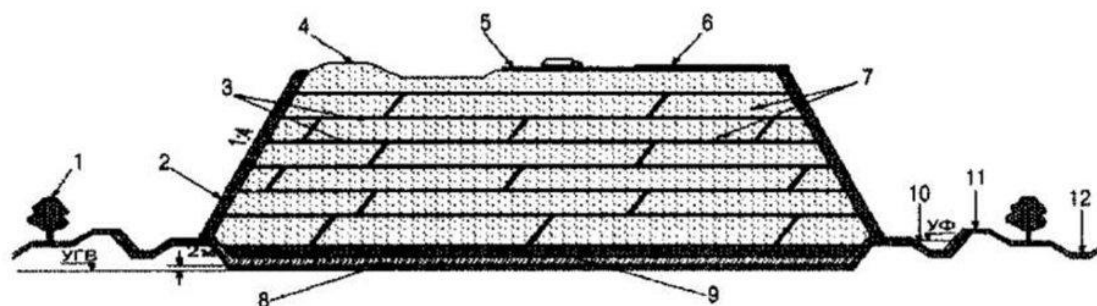
- равнинные (расположенные на относительно ровной поверхности с уклоном до 5 %);
- склоновые (расположенные на склонах рельефа с уклоном местности не более 5 %);
- водораздельные (расположенные на водораздельных пространствах);
- овражно-балочные (расположенные в природных понижениях рельефа, балках и оврагах);
- котлованные или карьерные (расположенные в искусственных выемках или карьерах после добычи строительных материалов или полезных ископаемых);
- горные (расположенные в горной местности);
- смешанные (например, карьерно-склоновые и др.);

Рекомендуемая площадь участка складирования ТКО при сроке эксплуатации 15 лет представлена в табл. 3 [4].

Рекомендуемая площадь участка складирования ТКО, га

Средняя численность обслуживаемого населения, тыс. чел.	Средняя высота складирования ТКО, м					
	12	20	25	35	45	60
50	6,5	5,5	-	-	-	-
100	12,5	8,5	7,5	-	-	-
250	31,0	21,0	16,0	13,5	-	-
500	61,0	41,0	31,0	23,0	20,0	-
750	91,0	61,0	46,0	34,0	26,0	-
1000	121,0	81,0	61,0	45,0	35,0	32,0

При проектировании высотных полигонов ТКО более экономичным, являются земельные участки, близкие и по форме к квадрату, и предполагающие максимальную высоту складирования ТКО. Заложение откосов высотного полигона определяется расчетами надежности в зависимости от физико-механических характеристик ТКО и грунтов карьеров, из которых будут отсыпаться ограждающие сооружения. По контуру подошвы склонов высотного полигона ТКО следует предусмотреть лотки для сбора и отвода фильтрата. Схематически разрез высотного полигона ТКО представлен на рис. 1.



1 – лесная полоса; 2 – боковой внешний изолирующий слой; 3 – промежуточный изолирующий слой; 4 – ТБО, укладываемые на рабочей карте; 5 – временная тупиковая дорога; 6 – временный проезд с твердым покрытием; 7 – твердые бытовые отходы; 8 – естественное или искусственное водонепроницаемое основание; 9 – насыщенные фильтратом отходы; УФ – уровень фильтрата, УГВ – уровень грунтовых вод; 10 – лоток для сбора и отвода фильтрата дождевых и талых вод со склонов; 11 – обваловка фильтратосборного лотка; 12 – нагорная канава для сбора и отвода незагрязненного поверхностного стока (дождевых и талых вод)

Рисунок 1 – Схема высотного полигона ТКО.

Фильтрат – жидкая фаза, образующаяся на полигоне при захоронении ТКО влажностью более 55 % и вследствие атмосферных осадков, объем которых превышает количество влаги, испаряющейся с поверхности полигона.

Дно и откосы котлована должны иметь противофильтрационные экраны из природных материалов с коэффициентом фильтрации воды не более 10^{-9} м/с и толщиной не менее 1,0 м.

Если противофильтрационный экран из минерального грунта не отвечает требованиям, применяется искусственный противофильтрационный экран, имеющий коэффициент фильтрации воды не более 10^{-9} м/с, срок службы более 75 лет, стойкий к возможным нагрузкам, ультрафиолетовому излучению повреждению грызунами. Для защиты искусственной гидроизоляции от механических повреждений на ее поверхности насыпают слой мелкого песка, измельченного суглинка или мелко-сернистых промышленных отходов (4 класса опасности) с размером зерна не более 0,5 мм, мощностью не менее 0,5 м. Материал искусственной гидроизоляции должен быть химически стойким к длительному воздействию фильтрата.

1.5 Нормы накопления ТКО

Ориентировочные нормы накопления ТКО для России представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Ориентировочные нормы накопления ТКО

Классификация жилого фонда	Норма накопления на 1 чел.		Средняя плотность, кг/м ³
	кг/год	м ³ /год	
Жилые дома			
благоустроенные:			
при отборе пищевых отходов	180-200	0,9-1	190-200
без отбора	210-225	1-1,1	210
неблагоустроенные:			
без отбора пищевых отходов	360-450	1,2-1,5	300
жидкие отходы из непроницаемых выгребов неканализованных домов	-	2-3,25	1000
Общая норма накопления ТКО по благоустроенным жилым зданиям для городов с населением более 100 тыс. чел.	260-280	1,4-1,5	190
То же, с учетом всех арендаторов	280-300	1,4-1,55	200

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ

Расчет полигона твердых коммунальных отходов проводится по следующим этапам.

2.1. Определение общей вместимости полигона ТКО

Для этого необходимы следующие данные:

- 1) расчетный срок эксплуатации полигона Т, лет;

- 2) удельная норма образования отходов на одного человека в год W_1 , м³/чел*год; в среднем $W_1 = 1,2$ м³/чел*год.
- 3) скорость ежегодного прироста удельной нормы U , % принимаем $U = 1,8$ %;
- 4) численность населения города на момент проектирования полигона N_1 , чел;
- 5) прогнозируемая численность населения города через T лет, N_2 , чел;
- 6) ориентировочная высота "холма" ТБО на полигоне, согласованная с архитектурно-планировочным управлением города $H_{п}^{op}$, м;
- 2.1.1. Определение удельной нормы образования W_2 отходов через T лет, м³/чел*год:

$$W_2 = W_1 \left(1 + \frac{U}{100}\right)^T, \quad (1)$$

2.1.2. Расчет общей вместимости полигона E_1 , м³

$$E_1 = \frac{W_1 + W_2}{2} \cdot \frac{N_1 + N_2}{2} \cdot \frac{K_2}{K_1} \cdot T, \quad (2)$$

где N_1 - численность населения города на момент проектирования полигона, чел; N_2 - численность населения на момент вывода полигона в эксплуатацию и спустя время T , чел; K_1 - коэффициент уплотнения за весь период T ; K_2 - объем изолирующих слоев грунта; T - период эксплуатации полигона до его закрытия, лет.

Коэффициенты K_1 и K_2 определяются по табл. 5 и 6 в зависимости от ориентировочной высоты "холма" полигона ТКО $H_{п}^{op}$, м.

Т а б л и ц а 5

Значения коэффициента K_1

Масса бульдозера, т	Ориентировочная высота "холма" полигона ТКО $H_{п}^{op}$, м.	K_1
14	10	3,7
14	10...30	4,0
20...25	Более 30	4,5

Т а б л и ц а 6

Значения коэффициента K_2

$H_{п}^{op}$, м.	< 5,0	5,0...7,0	7,1...9,0	12	15	39	50
K_2	1,37	1,27	1,25	1,24	1,2	1,18	1,16

2.2. Определение площади полигона

Основание полигона принимаем в виде прямоугольника, а форму "холма" отходов - в виде усеченной пирамиды.

2.2.1. Из объема пирамиды ($V = S * H/3$) определяют ее основание (площадь участка складирования ТКО) S_{YS} , м²

$$S_{YS} = \frac{3 V}{H} = \frac{3 E_r}{H_p^{op}}. \quad (3)$$

2.2.2. Вокруг участка складирования отходов должны быть свободная площадь для движения и работы транспорта механизмов, обслуживающего персонала и подъездных дорог. Поэтому необходимая под полигон площадь S_a (м²) должна быть больше участка складирования S_{YS} для размещения вспомогательной $S_{всп}$ зоны (принимаем $S_{всп} = 0,6$ га) и проездных дорог (коэффициент 1.1)

$$S_n = 1.1 * S_{ys} + S_{всп}. \quad (4)$$

2.3. Уточнение высоты "холма" ТКО и расчет параметров котлована

Практика показывает, что грунт и для изолирующих промежуточных слоев, а в будущем для рекультивации одного (верхнего) слоя при закрытии свалки экономический целесообразно заготавливать из котлована под основание участка складирования ТКО.

2.3.1. Холм полигона имеет вид усеченной пирамиды. Объем усеченной пирамиды V , м³ можно определить по формуле

$$V = \frac{1}{3} (S_H + S_B + \sqrt{S_H * S_B}) * H, \quad (5)$$

где S_H , S_B - площадь нижнего и верхнего основания пирамиды, м²; H - высота пирамиды, м

Таким образом, общая вместимость полигона E_{Π} , м³

$$E_{\Pi} = \frac{1}{3} (S_{yc} + S_B + \sqrt{S_{yc} * S_B}) * H_{\Pi}, \quad (6)$$

Отсюда, уточняем высоту H_{Π} полигона, м

$$H_{\Pi} = \frac{3 E_{\Pi}}{S_{yc} + S_H + \sqrt{S_{yc} * S_n}}. \quad (7)$$

Площадь верхнего основания холма полигона представляет форму квадрата. Принимаем $S_B = 40*40$ м².

2.3.2 Определяем требуемый объем грунта

$$V_r = E_T (1 - \frac{1}{K_2}). \quad (8)$$

2.3.3. Глубина котлована H_k (м) с учетом откосов (коэффициент 1,1) равна:

$$H_k = 1,1 \frac{V_r}{S_{yc}} . \quad (9)$$

2.3.4. Оценивают верхнюю отметку полигона ТКО H_{BO} , м

$$H_{BO} = H_B - H_K + 1 \quad (10)$$

Высоту наружного, изолирующий слой грунта принимают равным 1 м, что учтено в формуле (10).

3. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Используя данные индивидуального задания, предложенного преподавателям, и методику расчета, изложенную в пунктах 2.1 - 2.3 необходимо:

- определить общую вместимость полигона ТКО;
- рассчитать площадь полигона;
- произвести уточнение высоты "холма" ТКО и расчет параметров котлована;
- по результатам расчетов заполнить табл. 7;
- с делать выводы по работе.

Исходные данные для индивидуального расчета приведены в Приложении Б табл. Б.1.

Т а б л и ц а 7

Форма представления отчета

Номер варианта	$E_r, м^3$	$S_{yc}, м^2$	$S_n, м^2$	$H_n, м$	$V_r, м^3$	$H_{BO}, м$

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение ТКО.
2. Что такое утилизация?
3. Дайте определение утилизации,
4. Какие виды отходов принимаются на полигон ТКО?
5. Классификация отходов,
6. Какие отходы называются токсичными?
7. Состав и свойства ТКО
8. Как производится термическая обработка твердых коммунальных отходов?
9. Опишите процесс анаэробного биотермического компостирования.
10. Устройство полигона ТКО.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Харламова, М. Д. Твердые отходы: технологии утилизации, методы контроля, мониторинг: учебное пособие для вузов / М. Д. Харламова, А. И. Курбатова; под редакцией М. Д. Харламовой. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 311 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07047-7.

2. Хорошавин, Л. Б. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов: учебное пособие для СПО / Л. Б. Хорошавин, В. А. Беляков, Е. А. Свалов; под редакцией А. С. Носкова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург: Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 219 с. — ISBN 978-5-4488-0514-1, 978-5-7996-2801-7.

3. Егоров А. Н. Отходы нефтехимических производств - сырьё для ресурсосберегающих технологий: учебное пособие / А. Н. Егоров, Г. И. Егорова. — Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2016. — 190 с. — ISBN 978-5-9961-1255-5.

4. Чернышова Н. Е. Оборудование и схемы переработки промышленных и бытовых отходов: учебное наглядное пособие / Н. Е. Чернышова, В. Д. Измайлов. — Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2016. — 61 с. — ISBN 2227-8397.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Т а б л и ц а А.1

Перечень промышленных отходов 4 класса опасности, которые принимаются на полигоны ТКО без ограничения и используются как изолирующий материал

Код группы и вида отходов	Вид отхода
1.23.01	Алюмосиликатный шлам Сб-г-43-6
1.36.02.1	Асбестоцементный лом
1.36.02.2	Отходы бентонита
1.39.01	Бентонита графит, отработанный производства карбида кальция
1.31.01	Гипсо, содержащие отходы производства витамина В6
1.39.02	Гашеная известь известняк, шламы после гашения
1.39.03	Твердые отходы мела, химически осажденные
1.39.03	Оксид алюминия в виде отработанных брикетов (при производстве $ALCL_3$)
1.39.05	Оксид кремния (при производстве ПВХ и $ALCL_3$)
1.39.06	Отходы паранита
1.39.07	Сплав солей сульфата натрия
1.39.08	Силикагель (из адсорберов сушки нетоксичных газов)
1.39.09	Шлам из фильтр-прессов производства силикагеля (содержит длину и кремнезем)
1.23.02	Шлам соды гранулированный
1.23.03	Отходы дистилляции, в виде $CaSO_3$ содово-кремневого производства
1.23.03	Формовые стержневые смеси, не содержащие тяжелые металлы
1.29.00	Шламы химводоочистки и смягчения воды
1.23.05	Хлорид-натриевые осадки сточных вод производства лаковых и эпоксидных смол
1.39.10	Хлорная известь нестандартная
1.36.02.3	Твердые отходы производства шифера
1.39.1	Шлаки ТЭЦ, котельных, которые работают на угле, торфе, сланцах или ТКО
1.39.12	Шлифовальные материалы

Т а б л и ц а А.2

Перечень промышленных отходов 3 и 4 классов опасности, которые принимаются на полигоны ТКО с ограничением и складироваться вместе (нормативы на 1 м³ ТКО)

Вид отхода	Предельное количество промышленных отходов, т/м ³ ТКО
Кубовые остатки производства уксусного ангидрида	3
Резиновые отходы (затвердевшая формальдегидная смола)	3
Твердые отходы производства полистирольных вспениваемых пластиков	10
Отходы при производстве электроизоляционных материалов	
Гетинакс электротехнический листовой ш-8,0	10
Липкая лента лснпл-0,17	3
Полиэтиленовая трубка пнп	10
Стеклоткань лсе-0,15	3
Стеклоткань е2-62	3
Текстолит электротехнический листовой б-0,16	10
Фенопласт	10
Твердые отходы суспензионного, эмульсионного производства	
Сополимеров стирола с акрилонитрилом или метилметакрилатом	3
Полистирольных пластиков	3
Акрилонитрилбутадиенстирольных пластиков	10
Полистиролов	3

Т а б л и ц а А.3

Перечень промышленных отходов 3 и 4 классов опасности, которые принимаются на полигоны ТКО с ограничением и складироваться вместе (нормативы 1 м³ ТКО) с соблюдением особых условий

Вид отхода	Предельное количество промышленных отходов, тм ³ ТКО	Особые условия складирования на полигоне ТКО или подготовки на промышленном
Активированный уголь производства витамина	3	Укладка слоем не более 0,2 м
Отходы ацетобутилат-целлюлозы	3	Прессования в блоке размером не более 0,3 х 0,3 х 0,3 м в мокром состоянии
Деревянные и опилочно-стружечные отходы	10	Не должны содержать опилки, которые идут на посыпание пола в промышленных помещениях
Обрезки хромовых кож	3	Укладка слоем не более 0,2 м
Невозвратная деревянная и бумажная тара	10	Не должна включать промасленную бумагу
Обрезки кожзаменителей	3	Укладка слоем не более 0,2 м
Отбеливающий грунт	3	Укладка слоем не более 0,2 м
Фаолитовая пыль	3	В мешки в мокром состоянии
Предельная суммарная нагрузка		100
Примечание. Вырубка резины и прочие резиновые отходы могут приниматься без количественных ограничений при наличии специально открытых для них в почве траншей с последующей засыпкой.		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Т а б л и ц а Б.1

Исходные данные для расчета

№ вар	Т, лет	N ₁ . тыс. чел.	N ₂ . тыс. чел.	H _п ^{оп} , м
1	20	350	500	20
2	20	1300	2000	40
3	25	280	450	25
4	18	630	1000	30
5	22	410	800	30
6	25	250	520	20
7	20	1100	1800	35
8	18	800	1100	30
9	19	425	630	30
10	22	370	530	30
11	23	1600	2200	40
12	25	1025	1500	40
13	20	220	390	20
14	18	420	610	25
15	18	550	950	25
16	22	1310	2000	40
17	22	355	940	20
18	25	820	1300	30
19	20	225	475	20
20	18	510	975	25
21	20	1400	1900	40
22	23	345	420	20
23	22	660	1400	25
24	25	1250	2300	40
25	25	440	710	25
26	18	970	1100	40
27	20	340	470	25
28	23	800	970	30
29	22	450	560	20
30	25	600	770	40

В авторской редакции

Изд. № 22/2022. Объем 1,25 п.л. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,23.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»