



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Экология»

КОМПЛЕКСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ

Методические указания к практическим работам

**Минск
БНТУ
2015**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Экология»

КОМПЛЕКСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ

Методические указания к практическим работам
для студентов специальности 1-57 01 02
«Экологический менеджмент и аудит в промышленности»

Минск
БНТУ
2015

УДК 628.4.038+658.567(076.5)(075.8)

ББК 30.69я7

К63

Составитель
Т. С. Благовещенская

Рецензенты:
В. И. Глуховский, зав. НИЛ «Экопром», канд. техн. наук;
В. Н. Марицунь, зав. кафедрой промышленной экологии БГТУ,
доцент, канд. техн. наук

Комплексное управление отходами : методические указания к
К63 практическим работам для студентов специальности 1-57 01 02
«Экологический менеджмент и аудит в промышленности» / сост.
Т. С. Благовещенская. – Минск : БНТУ, 2015. – 44 с.
ISBN 978-985-550-296-9.

В методических указаниях по дисциплине «Комплексное управление отходами» приведены семь практических работ по основным аспектам в области обращения с отходами, в соответствии с требованиями учебной программы «Комплексное управление отходами»: по определению состава отходов; определению расчетным путем степени и класса опасности отходов; расчету нормативов образования отходов; выявлению образующихся отходов путем составления схем материальных потоков технологических процессов; выявлению корневых причин несоответствий при обращении с отходами на предприятии путем составления диаграммы Исикавы; идентификации отходов пластмасс по их свойствам; расчету параметров полигона размещения отходов потребления.

УДК 628.4.038+658.567(076.5)(075.8)

ББК 30.69я7

ISBN 978-985-550-296-9

© Белорусский национальный
технический университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
<i>Практическая работа № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ОТХОДОВ</i>	5
<i>Практическая работа № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ И КЛАССА ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ</i>	6
<i>Практическая работа № 3. РАСЧЕТ НОРМАТИВА ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ</i>	10
<i>Практическая работа № 4. ВЫЯВЛЕНИЕ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ОТХОДОВ ПУТЕМ СОСТАВЛЕНИЯ СХЕМ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</i>	16
<i>Практическая работа № 5. СОСТАВЛЕНИЕ ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ КОРНЕВЫХ ПРИЧИН НЕСООТВЕТСТВИЙ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТХОДАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ</i>	18
<i>Практическая работа № 6. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ ПО ИХ СВОЙСТВАМ</i>	22
<i>Практическая работа № 7. РАСЧЕТ ПОЛИГОНА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА</i>	33
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	40
ПРИЛОЖЕНИЕ	41

ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений природоохранной деятельности предприятия является организация обращения с отходами, которая включает в себя мероприятия по сбору, учету, накоплению, транспортировке, переработке, использованию, обезвреживанию, захоронению. Соблюдение требований нормативных правовых актов (НПА) и технических нормативных правовых актов (ТНПА) Республики Беларусь (РБ) в области обращения с отходами является гарантией отсутствия штрафных санкций со стороны контролирующих органов и снижения величины экологического налога.

Основными несоответствиями в области обращения с отходами на предприятиях можно назвать следующие:

- неполный перечень образующихся на предприятии или в его структурных подразделениях отходов;
- отсутствие отдельного сбора отходов;
- название отходов не соответствует наименованиям видов отходов, установленным в Классификаторе отходов, образующихся в РБ;
- неверно рассчитаны нормативы образования отходов;
- не корректно ведется учет отходов;
- не организованы места сбора и накопления, захоронения отходов и т.п.

В методических указаниях приведены практические работы прикладного характера, направленные на приобретение студентами навыков расчета и анализа конкретных ситуаций, связанных с обращением с отходами производства и потребления.

Практическая работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ОТХОДОВ

Цель работы: определить морфологический и химический состав отходов в соответствии с заданием.

Общие сведения

Определение компонентного состава отходов необходимо в первую очередь для определения степени и класса опасности отходов и представляет собой определение количественного и качественного (морфологического и химического) состава отходов относительно содержащихся в них веществ.

Определение морфологического и химического состава отходов

Большинство отходов представляют собой многокомпонентную систему. Содержание того или иного вещества в отходе, даже в небольших количествах, может существенно повлиять на степень и класс опасности отхода.

Для вида отхода необходимо сначала определить морфологический состав, затем детализировать его по химическим компонентам.

Результаты работы оформляются в таблицу 1, в которой приведены данные по проводу самонесущему изолированному алюминиевому в качестве примера.

Таблица 1 – Морфологический и химический состав отхода

Вид отхода: Провод самонесущий изолированный алюминиевый	
Код вида отхода по Классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь: 3530413	
Наименование компонента	Содержание, %
<i>Морфологический состав</i>	
Алюминий	55
Полимерный материал	45

<i>Химический состав</i>	
Алюминий	55
Поливинилхлорид	45
Источники информации:	
Методические рекомендации по разработке проекта нормативов предельного размещения отходов для теплоэлектростанций, теплоэлектроцентралей, промышленных и отопительных котельных. Санкт-Петербург 1998 г.	

Практическая работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ И КЛАССА ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ

Цель работы: Рассчитать класс опасности отхода. Сравнить полученный результат с классом опасности, указанным в Классификаторе.

Общие сведения

Установление степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства осуществляется на основании перечня опасных для окружающей среды, здоровья граждан, имущества свойств отходов, необходимых для установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства.

Опасные отходы классифицируются по классам опасности:

- первый класс опасности – чрезвычайно опасные;
- второй класс опасности – высокоопасные;
- третий класс опасности – умеренно опасные;
- четвертый класс опасности – малоопасные.

Расчет класса опасности отходов

Исходя из данных приложения для каждого показателя анализируемого компонента отходов в графе 5 таблицы 3 представляют балл токсичности от 1 до 4.

Для определения индекса токсичности компонента отходов используют не более 12 параметров из приведенных в приложении. Приоритетность выбора 12 показателей из большего числа определяются их порядковым номером в приложении. Показатели с порядковыми номерами 13–23 используют для расчета класса токсичности в том случае, если информация по показателям 1–12 отсутствует.

Показатель информационного обеспечения рассчитывается по формуле:

$$P_{ИО} = n/N,$$

где n – число установленных показателей;

N – количество наиболее значимых первичных показателей опасности компонентов отхода для ОС (равно 12).

Баллы присваиваются следующим диапазонам изменения показателя информационного обеспечения:

Диапазоны изменения показателя информационного обеспечения (n/N)	Балл
$< 0,5$ ($n < 6$)	1
$0,5-0,7$ ($n = 6-8$)	2
$0,71-0,9$ ($n = 9-10$)	3

По установленным степеням опасности компонентов отхода для ОС в различных природных средах рассчитывается относительный параметр опасности компонента отхода для ОС (X_i): сумма баллов по всем параметрам делится на число этих параметров.

Затем рассчитывается коэффициент Z_i по формуле:

$$Z_i = 4X_i/(3-1/3).$$

Коэффициент степени опасности i -го компонента опасного для ОС отхода W_i (мг/кг) рассчитывается по одной из следующих формул:

$$\begin{aligned} \lg W_i &= 4 - 4/Z_i; && \text{для } 1 < Z_i < 2 \\ \lg W_i &= Z_i; && \text{для } 2 < Z_i < 4 \\ \lg W_i &= 2 + 4/(6 - Z_i), && \text{для } 4 < Z_i < 5 \end{aligned}$$

Показатель степени опасности компонента отхода для ОС K_i , рассчитывается по формуле

$$K_i = C_i / W_i,$$

где C_i – концентрация i -го компонента в опасном отходе (мг/кг отхода).

Показатель степени опасности отхода для ОС K рассчитывают по следующей формуле

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_m,$$

где K – показатель степени опасности отхода для ОС;

K_1, K_2, \dots, K_m – показатели степени опасности отдельных компонентов опасного для ОС отхода.

В перечень показателей, используемых для расчета включается **показатель информационного обеспечения $\Pi_{ио}$** для учета недостатка информации по первичным показателям степени опасности компонентов отхода для ОС. Показатель информационного обеспечения рассчитывается по формуле:

Отнесение отходов к классу опасности расчетным методом по показателю степени опасности отхода для ОС осуществляется в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Определение класса опасности отхода по его степени опасности

Класс опасности отхода	Степень опасности отхода для ОС (K)
I	$10^6 \geq K > 10^4$
II	$10^4 \geq K > 10^3$
III	$10^3 \geq K > 10^2$
IV	$10^2 \geq K > 10$

Полученные данные заносятся в таблицы 3, 4.

Таблица 3 – Состав отходов и токсичность его компонентов

Наименование компонента отходов	Концентрация, C_i , мг/кг	Параметры, на основании которых определен индекс токсичности компонента отходов				Индекс токсичности K_i
		Наименование и единица измерения	Значение	Балл токсичности	Обозначение документа, из которого взята характеристика	
1	2	3	4	5	6	7

Таблица 4 – Результаты расчета по компонентам отхода:

Вид отхода: _____

Опасные свойства отхода: _____

Компонент	Сод., %	C_i (мг/кг)	X_i	Z_i	IgW_i	W_i (мг/кг)	K_i
Алюминий	40.00	$4 \cdot 10^5$	4.00	5.00	6.00	1000000.00	0.400
Пластмасса (ПВХ)	60.00	$6 \cdot 10^5$	4.00	5.00	6.00	1000000.00	0.600
Суммарный %	100.00						
Показатель К степени опасности отхода:					1.000		
Класс опасности отхода по расчетам:					"неопасный"		
Класс опасности отхода по Классификатору:					"неопасный"		

Практическая работа № 3

РАСЧЕТ НОРМАТИВА ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ

Цель работы: рассчитать нормативы образования отходов.

Общие сведения

Нормативы образования отходов производства разрабатываются для отходов производства, подлежащих захоронению на объектах захоронения отходов и (или) хранению на объектах хранения отходов, за исключением случаев, предусмотренных законодательством РБ.

Для расчета нормативов образования отходов используются различные методы и, соответственно, разные единицы их измерения. В соответствии с технологическими особенностями производства нормативы образования отходов определяются в единицах массы (объема) либо в процентах от количества используемого сырья, материалов, или от количества производимой продукции.

Нормативы образования отходов, оцениваемые в процентах, определяются по тем видам отходов, которые имеют те же физико-химические свойства, что и первичное сырье. Нормативы образования отходов с измененными по сравнению с первичным сырьем характеристиками предпочтительно представлять в следующих единицах измерения: кг/т, кг/м, м³/тыс. м и т.д.

При определении нормативов образования отходов применяются следующие методы:

1) метод расчета по материально-сырьевому балансу (применяется в случае отсутствия отраслевых норм расхода сырья и образования отходов путем составления баланса входящих в производственный процесс и выходящих из него потоков, экспериментальным или статистическим методом);

2) метод расчета по удельным отраслевым нормативам образования отходов (осуществляется путем усреднения индивидуальных значений нормативов образования отходов для организаций отрасли, либо посредством расчета средних удельных показателей на основе анализа отчетной информации за

определенный (базовый) период; выделения важнейших, (экспертно устанавливаемых) нормообразующих факторов и определения их влияния на значение нормативов на планируемый период).

При расчетах используют конструкторско-технологическую документацию (технологические карты, рецептуры, регламенты, рабочие чертежи) на производство продукции, при котором образуются отходы. На основе такой документации в соответствии с установленными нормами расхода сырья (материалов) рассчитывается норматив образования отходов (H_0) как разность между нормой расхода сырья (материалов) на единицу продукции и чистым (полезным) их расходом с учетом неизбежных безвозвратных потерь сырья.

Расчет нормативов образования отходов

Расчет осуществляется по формуле:

$$H_0 = N(1 - K_n) - P - H_n ,$$

где N – норма расхода сырья (материалов) на единицу продукции, т;
 P – расход сырья (материалов), необходимого для осуществления производственного процесса (работы), т;

H_n – неизбежные безвозвратные потери сырья (материалов) в процессе производства, т;

$K_n = H_n/N$ – коэффициент неизбежных потерь сырья (материалов).

Норматив образования отходов в процентах или как коэффициент выхода вторичного сырья (H'_0) определяется по формуле:

$$H'_0 = (1 - K_n - K_{исп}) - 100% ,$$

где $K_{исп}$ – коэффициент использования сырья (материалов) при производстве продукции:

$$K_{исп} = P/N.$$

При отсутствии отраслевых нормативов применяется экспериментальный метод, который используется для технологических процессов, допускающих определенный диапазон

изменений составных элементов сырья (в литейном производстве, химической, пищевой, микробиологической и других отраслях промышленности), а также при большой трудоемкости аналитических расчетов. Метод заключается в определении нормативов образования отходов на основе проведения опытных измерений в производственных условиях. Первоначально на основе статистической обработки измерений массы полезного продукта, получаемого из единицы массы сырья (материалов), определяется показатель, характеризующий долю полезного продукта в единице сырья (в %) ($C_{n.n.}$). Исходя из значения этого показателя и данных о массе извлеченного из сырья полезного продукта ($M_{n.n.}$) определяется масса образования отходов (V_0) по формуле:

$$V_0 = M_{n.n.}(100 - C)/C,$$

Норматив образования отхода на единицу произведенной продукции (H''_0) рассчитывается по формуле:

$$H''_0 = V_0/Q_{np.},$$

где $Q_{np.}$ – количество продукции, при производстве которой образуется отход.

Расчет по фактическим объемам образования отходов для вспомогательных и ремонтных работ получил название статистический метод. Метод применяется для определения нормативов образования отходов на основе статистической обработки информации за базовый (3-летний) период с последующей корректировкой данных в соответствии с планируемыми организационно-техническими мероприятиями, предусматривающими снижение материалоемкости производимой продукции.

Нормативы образования отходов (H'') статистическим методом определяются по формуле:

$$H'' = V_{o.n.}/N_n.K_m.$$

где H'' – масса отходов, т;

N_n – количество изделий (материалов), при эксплуатации которых образуются отходы;

K_m – коэффициент перевода единицы измерения количества изделий (материалов) в единицу массы.

Коэффициент K_m применяется, если амортизированная продукция (изделие) исчисляется не в единицах массы, а в единицах площади, объема и т.д.

На производствах с неустойчивыми регламентами технологических процессов, где нормативы образования отходов непосредственно не связаны с единицей производимой продукции они определяются статистическим методом по формуле:

$$H'''_o = V_o / Q_c,$$

где H'''_o – норматив образования отходов на единицу перерабатываемого сырья и материалов;

V_o – масса образования отходов за рассматриваемый период (в массу образования отходов включается только текущий выход отходов);

Q_c – масса перерабатываемого сырья и материалов при производстве продукции.

Статистические данные обрабатываются за последние три года с последующей корректировкой удельных показателей на планируемый период в соответствии с тенденциями развития технологии и организации производственного процесса.

При расчете нормативов образования отходов потребления основными методами являются экспериментальный и статистический.

Норматив образования отхода потребления ($H_{o.n.}$) на основе коэффициента износа изделия, учитывающего изменение массы единицы изделия до и после его эксплуатации, определяется по формуле:

$$H_{o.n.} = 1 - K_{из},$$

где $K_{из}$ – коэффициент износа изделия (потери веса в эксплуатации):

$$K_{из} = \frac{M_{пер} - M_{из}}{M_{пер}},$$

где $M_{пер.}$, $M_{из.}$ – соответственно первоначальная и остаточная масса эксплуатируемого изделия.

Средневзвешенный норматив образования отхода потребления $H'_{o.n.}$ определяется по формуле:

$$H'_{o.n.} = \frac{\sum_{i=1}^m M_{узi} \cdot q_i}{\sum_{i=1}^m M_{неpi} \cdot q_i},$$

где i – индекс вида изделия, входящего в группу однотипных изделий ($i = 1, 2, \dots, m$);

$M_{уз}$ – масса среднего изношенного изделия;

$M_{неp}$ – первоначальная масса среднего изделия.

$M_{узi}$ – определяется экспериментальным путем на основе взвешивания изношенных за год изделий.

Нормативы образования отходов производственного потребления ($H''_{o.n.}$) определяются статистическим методом определяются по формуле

$$H''_{o.n.} = \frac{V_{o.n.}}{N_n \cdot K_m},$$

где $V_{o.n.}$ – масса отходов потребления;

N_n – количество изделий (материалов), при эксплуатации которых образуются отходы;

K_m – коэффициент перевода единицы измерения количества изделий в единицы массы.

Коэффициент K_m применяется, если амортизированная продукция (изделие) исчисляется не в единицах массы, а в единицах площади, объема и т.д. Если N_n представляет собой количество изделий в шт., то в формуле для определения первоначального веса изделий ($N_n \cdot K_m$) вместо K_m используется масса единицы изделия, а N_n определяется по формуле

$$N_n = n \cdot Q,$$

где n – норма потребления изделия на одного работающего (единицу оборудования) и т.д.;

Q – численность работающих (количество оборудования) и т.д.

При определении нормативов образования отходов потребления необходимо учитывать нормативный срок службы продукции в сфере потребления, а также срок временного отвлечения материалов на различные нужды (например, в связи с передачей в архив бумаги, идущей на документацию длительного хранения). Поскольку сроки образования отходов и сроки поступления изделия в сферу потребления не совпадают, в формуле для расчета $H''_{o.n.}$ при определении норматива t лет $V_{o.n.}$ берется за t лет, а N_n за $(t - r)$ лет, где t – нормативный срок службы изделия.

Определение *нормативов образования отходов* включает анализ отчетной документации об отходах, включая статотчетность; формирование номенклатуры отходов производства и потребления, по которым будут разрабатываться нормативы; установление нормативной документации, регламентирующей обращение с отходами сформированной номенклатуры; определение возможных направлений использования отходов и организационно-технических мероприятий по повышению индекса использования отходов; выбор метода и расчет нормативов образования отходов.

Исходные данные и результаты расчетов количества и массы (объемов) отходов приводятся в таблице 5.

Таблица 5 – Сведения об образовании отходов производства

Наименование отхода	Наименование продукции	Нормы расхода первичного сырья, материалов на единицу продукции					Планируемое количество выпускаемой продукции, q_i	Объем образования отходов производства, ед. прод., $H_{o.n.}, q_i \sum_0$
		Наименование сырья, материалов, ед. измер.	Всего, N	Чистый расход материалов, P	Безвозвратные потери (коэффициент потерь) H_n, K_n	Норматив образования отходов производства, H_n		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Форма таблицы является примерной и может корректироваться в зависимости от вида отхода.

Практическая работа № 4

ВЫЯВЛЕНИЕ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ОТХОДОВ ПУТЕМ СОСТАВЛЕНИЯ СХЕМ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Цель работы: научиться составлять схемы материальных потоков технологических процессов и на их основании составлять полный перечень образующихся отходов.

Общие сведения

Одним из методов, который можно использовать для идентификации образующихся в технологическом процессе отходов, является составление упрощенной поточной схемы процессов или схем материальных потоков. При составлении подобных схем технологический процесс разбивается на ряд операций, для которых указываются входящие (сырье, материалы, энергия и т.п.) и выходящие (отходы, выбросы в атмосферу, сброс сточных вод и т.п.) потоки. Пример составления схем материальных потоков на рисунках 1, 2.



Рисунок 1 – Схема материальных потоков процесса производства свинцовых аккумуляторов

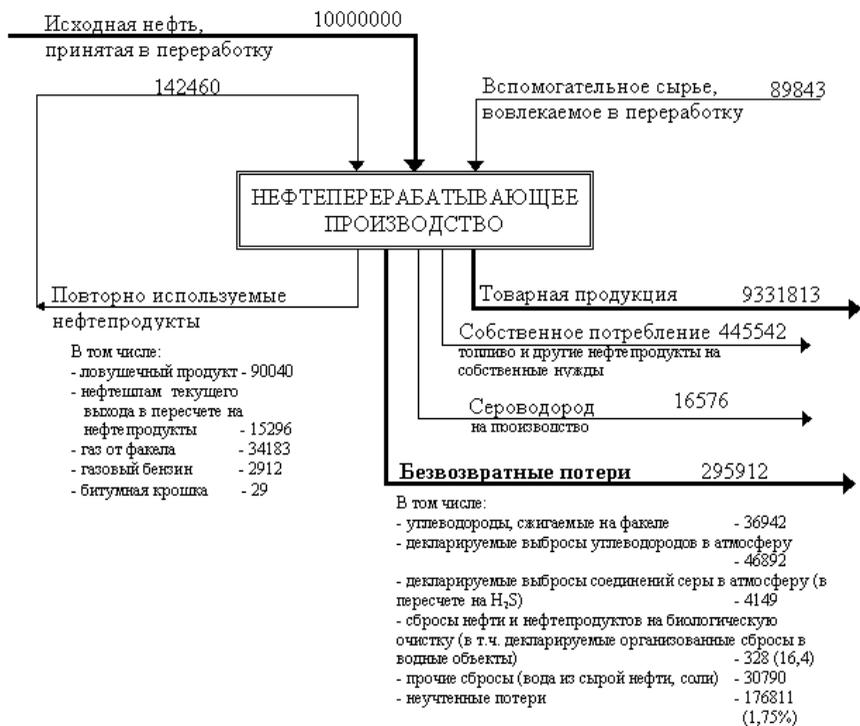


Рисунок 2 – Схема материальных потоков для нефтеперерабатывающего производства

После составления схем материальных потоков заполняется таблица 6.

Таблица 6 – Сведения об образующихся отходах в _____ процессе

Стадия процесса	Наименование отхода по Классификатору	Код отхода	Агрегатное состояние	Класс опасности
1	2	3	4	5

Практическая работа № 5

СОСТАВЛЕНИЕ ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ КОРНЕВЫХ ПРИЧИН НЕСООТВЕТСТВИЙ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТХОДАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Цель работы: научиться использовать метод выявления причинно-следственных связей для поиска причин возникновения несоответствий в области обращения с отходами (по готовым заданиям или на основании собранных материалов внеаудиторно).

Общие сведения

Результат процесса зависит от многочисленных факторов, причем некоторые из них могут влиять на другие, то есть быть связанными отношениями «причина-результат». Знание структуры этих отношений, то есть выявление цепочки причин и результатов, позволяет успешно решать проблемы управления, в том числе и проблемы управления качеством. Для удобства анализа структуры причин и результатов используют диаграммы Исикавы – диаграммы причин и следствий, т.е., это диаграмма, которая показывает отношение между показателем качества и воздействующими на него факторами. Схема представляет собой графическое упорядочение факторов, влияющих на объект анализа. Причинно-следственную диаграмму используют для выявления и систематизации факторов (причин), влияющих на определенный результат процесса или вызывающих какую-либо проблему при его реализации.

Причинно-следственную диаграмму из-за ее формы иногда называют еще «рыбьей костью» или «рыбьим скелетом». Объектом исследования может быть проблема (например, «потребители не удовлетворены») или искомый результат (например, «полное удовлетворение потребителей»). Причем последний вариант бывает предпочтительней, так как часто позволяет найти более короткие пути к цели.

Чаще всего причинно-следственная диаграмма строится для отдельной проблемы (результата) (рисунок 3). Если выявлено много факторов, причинно-следственная диаграмма может быть детализирована для отдельных (главных) факторов (причин).

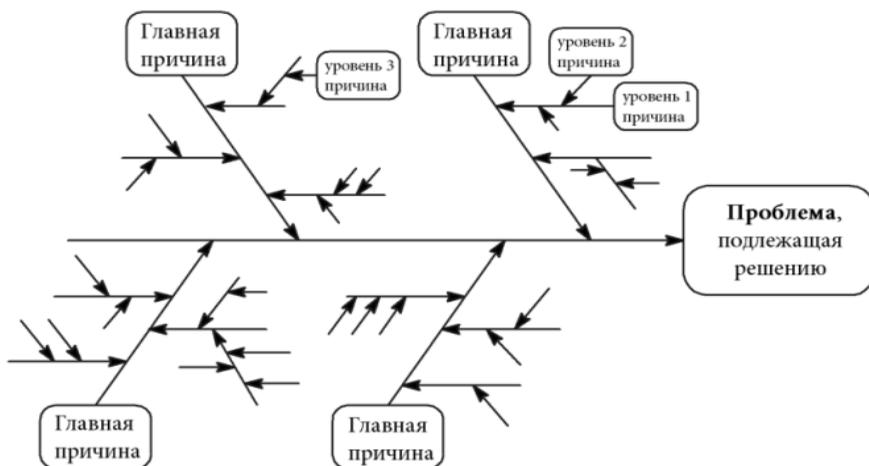


Рисунок 3 – Причинно-следственная диаграмма (общий вид)

Главным достоинством схемы Исикавы является то, что она дает наглядное представление не только о тех факторах, которые влияют на изучаемый объект, но и о причинно-следственных связях этих факторов. В основе построения диаграммы лежит определение задачи, которую необходимо решать.

При составлении причинно-следственной диаграммы Исикавы наиболее значимые параметры и факторы располагают ближе к голове «рыбьего скелета». Построение начинают с того, что к центральной горизонтальной стрелке, изображающей объект анализа, подводят большие первичные стрелки, обозначающие главные факторы (группы факторов), влияющие на объект анализа. Далее к каждой первичной стрелке подводят стрелки второго порядка, к которым в свою очередь подводят стрелки третьего порядка и т.д. до тех пор, пока на диаграмму не будут нанесены все стрелки, обозначающие факторы, оказывающие заметное влияние на объект анализа в конкретной ситуации.

Каждая из стрелок, нанесенных на схему, представляет собой, в зависимости от ее положения, либо причину, либо следствие: предыдущая стрелка по отношению к последующей всегда выступает как причина, а последующая – как следствие.

Главное при построении схемы заключается в том, чтобы обеспечить правильную соподчиненность и взаимозависимость факторов, а также четко оформить схему, чтобы она хорошо смотрелась и легко читалась. Поэтому, независимо от наклона стрелки каждого фактора, его наименование всегда располагают в горизонтальном положении, параллельно центральной оси.

На рисунках 4, 5 приведены более детальные примеры причинно-следственной диаграммы Исикавы типа «рыбий скелет».



Рисунок 4 – Пример причинно-следственной диаграммы Исикавы

Построение диаграммы включает следующие этапы:

- выбор резульативного показателя, характеризующего качество изделия (процесса и т.д.) или другую проблему;
- выбор главных причин, влияющих на показатель качества. Их необходимо поместить в прямоугольники («большие кости»);
- выбор вторичных причин («средние кости»), влияющих на главные;
- выбор (описание) причин третичного порядка («мелкие кости»), которые влияют на вторичные;
- ранжирование факторов по их значимости и выделение наиболее важных.

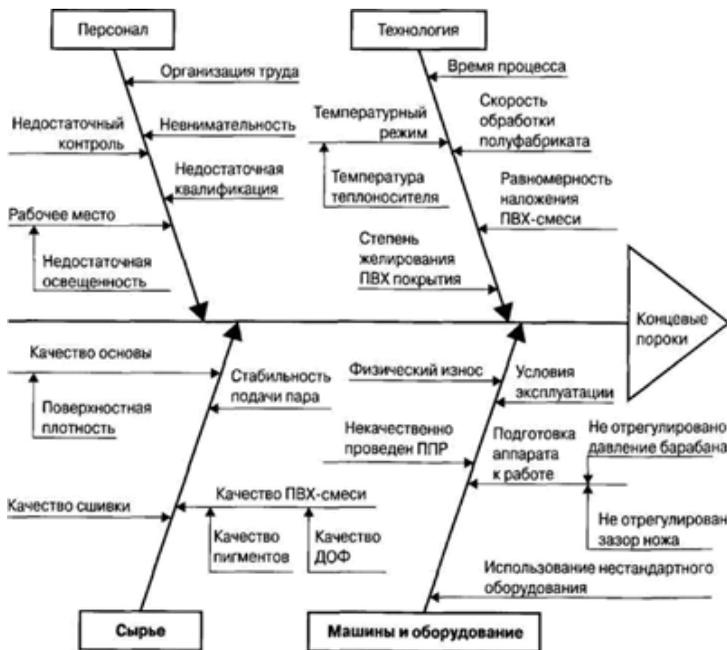


Рисунок 5 - Пример причинно-следственной диаграммы Исикавы для управления дефектами при производстве ПВХ-покрытия

Для установления главных причин часто используется метод «5М». Данный метод предполагает, что существует пять категорий причин появления какой – либо ситуации. «5М» – это пять слов английского языка начинающихся на букву «М»:

- Man (Человек) – причины, связанные с человеческим фактором.
- Machines (Машины, оборудование) – причины, связанные с оборудованием.
- Materials (Материалы) – причины, связанные с материалами.
- Methods (Методы) – причины, связанные с технологией работы, с организацией процессов.
- Measurements (Измерения) – причины, связанные с методами измерения.

Заключительным этапом анализа диаграммы Исикавы является выделение наиболее важных и значимых причин несоответствий.

Практическая работа № 6

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ ПО ИХ СВОЙСТВАМ

Цель работы: научиться проводить первичную идентификацию отходов пластмасс.

Общие сведения

Для обеспечения и упрощения утилизации одноразовых предметов в 1988 году Обществом Пластмассовой Промышленности была разработана система маркировки для всех видов пластика и идентификационные коды. Маркировка пластика состоит из 3-х стрелок в форме треугольника, внутри которых находится число, обозначающая тип пластика. Часто при маркировке изделий под треугольником указывается буквенная маркировка (в скобках указана маркировка русскими буквами) (таблица 7).

Таблица 7 – Международные универсальные коды переработки пластмасс

Значок	Англо-язычное название	Русское название	Примечание
1	2	3	4
	РЕТ или PETE	ПЭТ, ПЭТФ Полиэтилентерефталат	Обычно используется для производства тары для минеральной воды, безалкогольных напитков и фруктовых соков, упаковки, блистеров, обивки.
	РЕНД или HDPE	ПЭНД Полиэтилен высокой плотности, полиэтилен низкого давления	Производство бутылок, флагов, полужёсткой упаковки. Считается безопасными для пищевого использования.

Окончание таблицы 7

1	2	3	4
	PVC	ПВХ Поливинилхлорид	Используется для производства труб, трубок, садовой мебели, напольных покрытий, оконных профилей, жалюзи, изолянты, тары для моющих средств и клеёнки. Материал является потенциально опасным для пищевого использования, поскольку может содержать диоксины, бисфенол А, ртуть, кадмий.
	LDPE и PELD	ПЭВД Полиэтилен низкой плотности, полиэтилен высокого давления	Производство брезентов, мусорных мешков, пакетов, пленки и гибких ёмкостей. Считается безопасным для пищевого использования.
	PP	ПП Полипропилен	Используется в автомобильной промышленности (оборудование, ба мперы), при изготовлении игрушек, а также в пищевой промышленности, в основном при изготовлении упаковок. Распространены полипропиленовые трубы для водопроводов. Считается безопасным для пищевого использования.
	PS	ПС Полистирол	Используется при изготовлении плит теплоизоляции зданий, пищевых упаковок, столовых приборов и чашек, коробок CD и прочих упаковок (пищевой плёнки и пеноматериалов), игрушек, посуды, ручек и так далее. Материал является потенциально опасным, особенно в случае горения, поскольку содержит стирол.
	OTHER или O	Прочие	К этой группе относится любой другой пластик, который не может быть включен в предыдущие группы. В основном это поликарбонат. Поликарбонат может содержать опасный для человека бисфенол А. Используется для изготовления твёрдых прозрачных изделий, как например детские рожки.

Потребители и производители упаковочных материалов периодически сталкиваются с необходимостью распознавания природы полимеров в случае отсутствия маркировки на упаковке. Хорошо известно, что основные свойства полимеров определяются молекулярной структурой, поэтому для прогнозирования свойств полимерной структуры и ее идентификации достаточно знать, какие функциональные группы входят в состав макромолекул.

Простые и быстрые способы распознавания природы полимеров основаны на том, что все они существенно отличаются по физическим и органолептическим свойствам, а также по отношению к нагреванию, характеру горения и химическим реакциям. Это обуславливает область применения полимерных пленок, существенно облегчая необходимую идентификацию

Распознавание вида пленок органолептическими методами и по их физическим свойствам

В первую очередь, полимерные пленки внимательно рассматривают, отмечая их внешние особенности и сравнивая результаты исследования с данными, приведенными в таблице 8. При этом учитывают следующие факторы:

- цвет и блеск (наименование тона и оттенка, матовый или блестящий образец), и характер поверхности (маслянистая, гладкая, шероховатая);
- прозрачность (прозрачная, полупрозрачная, непрозрачная);
- твердость, жесткость или эластичность, гибкость;
- характер шума при сминании пленки и ее стойкость к раздиру.

По оптическим свойствам, т. е. визуально, разделить между собой полимерные пленки достаточно сложно. Поэтому изучают их механические свойства. Пленки ПЭНП, ПЭВП, ПП и неориентированного ПВХ в руках легко растягиваются. Пленки из полиамида, ацетатов целлюлозы, ориентированного ПВХ и ПС нерастяжимы.

Пленки на основе искусственных полимеров (целлофан и ацетаты целлюлозы) не стойки к раздиру, легко расщепляются в направлении, перпендикулярном их ориентации и шумят при сминании. Более стойки к раздиру полиамидные и лавсановые

пленки (ПЭТФ). Они также шумят при сминании. В то же время пленки ПЭНП, пластифицированного ПВХ, ПВХДХ не создают шума при сминании и обладают высокой стойкостью к раздиру. Поскольку физические свойства полимерных пленок различаются весьма существенно, это позволяет использовать их в качестве тестов для распознавания типа полимера.

В значительной степени такое положение касается наиболее распространенных в упаковочных технологиях полиолефинов (ПЭНП, ПЭВП, ПП). Плотность ПЭНП, ПЭВП, ПП меньше единицы. Пленки на их основе плавают в воде, путем погружения в воду ровных полосок полимерных пленок, избегая появления пузырьков воздуха, искажающих опыт, можно сразу отделить полиолефины от иных полимеров. Практически, плотность достаточно просто определяется с помощью обычных технических весов, на одно из плеч которого подвешивается сетчатый цилиндр для пленочных образцов.

Плотность рассчитывается по соотношению:

$$\text{Плотность} = \frac{\text{масса пленки в воздухе}}{\text{масса пленки в воздухе} - \text{масса пленки в воде}}$$

Тем не менее, этот метод весьма приблизителен и обычно применяется для полимеров небольшой плотности. Для более корректного определения плотности необходимы дополнительные исследования.

Разрушающие способы определения типа пластика

Чтобы определить тип пластика, из которого изготовлено изделие, кусочек этого материала осторожно нагревают пламенем спички. Если материал расплавится, изделие выполнено из термопластической пластмассы, если не расплавится - применена терморезистивная пластмасса. Если после того как зажженную спичку уберут, пластический материал продолжает гореть, для изготовления изделия использовались полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиметилен, органическое стекло, ацетилцеллюлоза или нитроцеллюлоза (целлулоид). Если материал не горит, изделие изготовлено из поливинилхлорида, полиамида или политетрафторэтилена.

Горючие пластики. По цвету пламени и запаху, образующемуся при горении, определяют тип пластика. Слабым синеватым пламенем горит полиэтилен. При задувании пламени чувствуется запах горящей свечи, а продукт сгорания представляет собой мягкое, жирное на ощупь вещество. То же можно сказать и о полипропилене. Полистирол при сгорании сильно чадит, при этом появляется сладковатый запах.

Ацетилцеллюлоза, которая в ненагретом состоянии представляет собой эластичное и вязкое вещество, горит некоптящим пламенем, потрескивая, распространяя запах уксуса. Потрескивая при горении, с запахом фруктов горит твердый полиметилметакрилат. Ярким сильным пламенем горит нитроцеллюлоза (целлулоид).

Негорючие пластики. После поднесения пламени к полиамиду образуются наплывы, слышится потрескивание, а обожженный образец пахнет горелой шерстью. Если нагревать в пламени образец поливинилхлорида, конец язычка пламени окрасится в зеленый цвет и распространится резкий запах, схожий с запахом соляной кислоты.

Неплавящиеся пластики. Фенопласт после удаления пламени гаснет и имеет специфический запах. Аминопласт, нагреваемый в пламени, горит коптящим пламенем, потрескивая, после удаления из пламени продолжает гореть, распространяя запах аммиака (нашатырного спирта). Полиэфир в пламени растрескивается, после задувания пламени образуется сладковатый запах, напоминающий запах фруктов. Эпоксидная смола при поднесении пламени не растрескивается, а после удаления из пламени короткое время продолжает гореть. После задувания пламени пахнет, как горелая шерсть.

Определение природы полимера термическими методами

Образец поджигают и выдерживают в пламени 5–10 секунд, фиксируя следующие свойства:

- способность к горению (горит, не горит);
- легкость воспламенения (загорается легко или с трудом);
- характер горения (горит в пламени и вне его, горит только

в пламени, кратковременно вспыхивает и гаснет вне пламени и т. д.);

- цвет и характер пламени (яркое, зеленое, голубое, коптящее, с искрами, другое) о запахах продуктов горения (острый, сладковатый, фенола, другое).

Характерные признаки горения наиболее отчетливо наблюдаются в момент поджигания образцов. В этот период следует быть особенно внимательным. Для установления вида образцов результаты опытов сравнивают с данными о характере поведения полимерных пленок при горении.

По характеру горения и запаху продуктов горения полиолефины напоминают парафин, так как элементарный химический состав этих веществ один и тот же, различаются они лишь размерами молекулярных цепей. Следовательно, отличить ПЭ от ПП термическими методами (так же, как и с помощью органолептических методов и физических свойств) достаточно сложно.

Это возможно только при определенном навыке по запаху продуктов горения, которые у ПП более резкие, напоминая запах жженой резины или горящего сургуча. Окончательное решение о том, из какого материала изготовлена упаковка, принимается по результатам комплексной оценки и по отношению к нагреванию, химическим реакциям.

Идентификация полимерных пленок по химическим свойствам

При затруднении в определении наименования полимера по органолептическим признакам, физическим и термическим свойствам производят дополнительные исследования пленок химическими методами. Как правило, к таким методам прибегают при арбитражных спорах, когда природу упаковки невозможно установить иным путем.

Для этого полимер могут подвергнуть термическому разложению (пиролизу), определяя в продуктах деструкции наличие характерных для данного полимера атомов (например, азота, хлора, кремния) или групп атомов (фенола, нитрогрупп и др.), склонных к специфическим реакциям, в результате которых имеет место определенный индикаторный эффект.

Обобщая вышесказанное, дадим краткую характеристику каждого вида пластика.

ПЭВД (полиэтилен высокого давления, низкой плотности). Горит синеватым, светящимся пламенем с оплавлением и горящими потеками полимера. При горении становится прозрачным, это свойство сохраняется длительное время после гашения пламени. Горит без копоти. Горящие капли, при падении с достаточной высоты (около полутора метров), издают характерный звук. При остывании, капли полимера похожи на застывший парафин, очень мягкие, при растирании между пальцами – жирны на ощупь. Дым потухшего полиэтилена имеет запах парафина. Плотность ПЭВД: 0,91–0,92 г/см. куб.

ПЭНД (полиэтилен низкого давления, высокой плотности). Более жесткий и плотный чем ПЭВД, хрупок. Проба на горение – аналогична ПЭВД. Плотность: 0,94–0,95 г/см. куб.

ПЭСД (полиэтилен среднего давления). Самый жесткий из полиэтиленов. Плотность: 0,96–0,97 г/см. куб.

Все виды полиэтилена размягчаются при помещении в кипящую воду. При комнатной температуре не растворимы в органических растворителях. При температуре 100 градусов Цельсия и выше, полностью растворяются в бензоле. Плавают в воде.

Пенополиэтилен. Губчатая масса белого цвета. Свойства при горении, см. ПЭВД.

Полипропилен (ПП). При внесении в пламя, полипропилен горит ярко светящимся пламенем. Горение аналогично горению ПЭВД, но запах более острый и сладковатый. При горении образуются потеки полимера. В расплавленном виде – прозрачен, при остывании – мутнеет. Если коснуться расплава спичкой, то можно вытянуть длинную, достаточно прочную нить. Капли остывшего расплава жестче, чем у ПЭВД, твердым предметом давятся с хрустом. Дым с острым запахом жженой резины, сургуча. Плотность полипропилена: 0,9–0,91 г/см.куб. т.е он легче ПЭВД и также плавает в воде.

Полиэтилентерафталат (ПЭТФ). Прочный, жёсткий и лёгкий материал. Плотность ПЭТФ составляет 1,36 г/см. куб. Обладает хорошей термостойкостью (сопротивление термодеструкции) в

диапазоне температур от -40° до $+200^{\circ}$. ПЭТФ устойчив к действию разбавленных кислот, масел, спиртов, минеральных солей и большинству органических соединений, за исключением сильных щелочей и некоторых растворителей. При горении сильно коптящее пламя. При удалении из пламени самозатухает.

Полистирол. При сгибании полоски полистирола, легко гнется, потом резко ломается с характерным треском. На изломе наблюдается мелкозернистая структура. Горит ярким, сильно коптящим пламенем (хлопья копоти тонкими паутинками взмывают вверх!). Запах сладковатый, цветочный. Полистирол хорошо растворяется в органических растворителях (стирол, ацетон, бензол). Плотность полистирола: от 1,05 до 1,08 г/см. куб. (тонет в воде!).

Пенополистирол (пенопласт). Легкий, пористый материал белого цвета. Один из лучших и доступных тепло-звукоизоляционных материалов. Объемная масса: 0,01–0,1 г/см. куб. Проба на горение аналогична полистиролу. Легко растворяется в ацетоне.

Поливинилхлорид (ПВХ). Эластичен. Трудногорюч (при удалении из пламени самозатухает). При горении сильно коптит, в основании пламени можно наблюдать яркое голубовато-зеленое свечение. Очень резкий, острый запах дыма. При сгорании образуется черное, углеподобное вещество (легко растирается между пальцами в сажу). Растворим в четыреххлористом углероде, дихлорэтане. Плотность: 1,38–1,45 г/см. куб. ПВХ можно отличить по признакам:

- при сгибании на линии сгиба появляется белая полоса;
- бутылки из ПВХ бывают синего или голубого цвета;
- шов на дне бутылки имеет два симметричных наплыва.

Полиметакрилат (органическое стекло, ПММА). Прозрачный, хрупкий материал. Горит синевато-светящимся пламенем с легким потрескиванием. У дыма острый фруктовый запах (эфира). Легко растворяется в дихлорэтане.

Полиамид (ПА). Материал имеет отличную маслобензостойкость и стойкость к углеводородным продуктам, которые

обеспечивают широкое применение ПА в автомобильной и нефтедобывающей промышленности (изготовление шестерен, искусственных волокон). Полиамид отличается сравнительно высоким влагопоглощением, которое ограничивает его применение во влажных средах для изготовления ответственных изделий. Горит голубоватым пламенем. При горении разбухает, "пшикает", образует горящие потеки. Дым с запахом паленого волоса. Застывшие капли очень твердые и хрупкие. Полиамиды растворимы в растворе фенола, концентрированной серной кислоте. Плотность: 1,1–1,13 г/см. куб. Тонет в воде.

Полиуретан. Основная область применения – подошвы для обуви. Очень гибкий и эластичный материал (при комнатной температуре). На морозе – хрупок. Горит коптящим, светящимся пламенем. У основания пламя голубое. При горении образуются горящие капли-потеки. После остывания, эти капли – липкое, жирное на ощупь вещество. Полиуретан растворим в ледяной укусовой кислоте.

Пластик АВС. Все свойства по горению аналогичны полистиролу. От полистирола достаточно сложно отличить. Пластик АВС более прочный, жесткий и вязкий. В отличие от полистирола более устойчив к бензину.

Фторопласт-3. Применяется в виде суспензий для нанесения антикоррозийных покрытий. Не горюч, при сильном нагревании обугливается. При удалении из пламени сразу затухает. Плотность: 2,09–2,16 г/см.куб.

Фторопласт-4. Материал с гладкой, скользкой поверхностью. Один из лучших диэлектриков. Не горюч, при сильном нагревании плавится. Не растворяется практически ни в одном растворителе. Самый стойкий из всех известных материалов. Плотность: 2,12–2,28 г/см.куб. (зависит от степени кристалличности – 40–89%). По органолептическим свойствам очень похож на сверхвысокомолекулярный полиэтилен. Но в отличие от него сразу тонет в воде из-за большой плотности.

Сводная характеристика свойств пластиков приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Сводная характеристика свойств пластиков

№	Вид полимера, пластика	Поведение при нагревании	Характер горения	Запах продукта	Растворимость в агрессивных средах	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	АБС пластик (АБС-ABS)	Сильно коптит – хлопья копоти взмывают вверх	Горит ярким оранжево-желтым пламенем	Сладковатый, цветочный, жженой резины	Растворяется в растворителях (ацетон, бензол). Удовлетворительная устойчивость к бензину	При сгибании легко гнется. Ломается с резким треском
2	Полистирол и сополимеры стирола (ПС, САН-PS, SAN)	Размягчается, вытягивается в нити	Пламя ярко-желтое коптящее, аналогично АБС	Сладковатый, цветочный	Растворяется в растворителях (ацетон, бензол). Плохая устойчивость к бензину	На изломе наблюдается мелкозернистая структура
3	Поликарбонат (РС-ПК)	Размягчается, плавится	Загорается с трудом, гаснет после вынесения из пламени, размягчается, коптит, горит желтым светящимся дрожащим пламенем	Сильный цветочно-плодовый	Не высокая стойкость к органическим растворителям	–
4	Полиметилметакрилат (ПММА-РММА)	Размягчается, плавится	Горит синевато-светящимся пламенем с легким потрескиванием, коптит	Острый фруктовый запах (эфира)	Легко растворяется в дихлорэтане	Прозрачный, хрупкий

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7
5	Полиэтилен (ПЭ-РЕ)	Размягчается, плавится	Горит спокойным синеватым пламенем с желтой верхушкой, с подтеканием полимера, мало дыма	Горящей парафиновой свечи	При комнатной температуре не растворяется в органических растворителях	Достагочно жесткий, плавает в воде
6	Полипропилен (ПП-РР)	Оплавления и течет, становится прозрачным, а при остывании мутнеет	Ярко синеватое светящееся пламя	Острый и сладковатый, горящего сургуца или парафина	Размягчается в кипящей воде	Плавает в воде
7	Поливинилхлорид (ПВХ-РВС)	Трудногорюч, при вынесении из пламени гаснет	Яркая голубоватозеленоватая окраска у основания пламени	Очень резкий (хлористого водорода)	Растворим в дихлорэтано	Эластичен
8	Полиамиды (ПА-РА)	Разбухает, "пшикает", вытягивается в нити из расплава	Пламя голубое, горит при удалении из пламени продолжает гореть	Горелых овощей, жженой кости или волоса	Хорошая стойкость к нефтепродуктам. Растворим в серной кислоте	Высокое влагопоглощение
9	Полиуретан (ПУ-ТРУ)	Темнеет, коптит, стекает жирными каплями	Пламя светящееся желтоватое, у основания голубое	Острый миндальный	Растворим в ледяной уксусной кислоте	Очень гибкий и эластичный материал, на морозе – хрупок

Данный метод нужно считать условным, так как образец может содержать добавки, меняющие структуру, цвет и запах полимера при горении.

Практическая работа № 7

РАСЧЕТ ПОЛИГОНА РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Цель работы: Изучить устройство полигона, рассчитать мощность и площадь полигона ТБО (одна карта) для условного населенного пункта, количество образующегося биогаза. Получить практические навыки определения основных показателей полигонов твёрдых бытовых отходов, характеризующих степень из воздействия на окружающую среду.

Общие сведения

В Республике Беларусь ежегодно образуется более 1,5 млн. т отходов потребления. Практически полностью (98 %) твердые бытовые отходы (далее – ТБО) захораниваются на полигонах, которые занимают большие площади. В РБ всего насчитывается около 200 полигонов ТБО. Суммарная площадь земельных отводов для размещения полигонов составляет около 890 га, 60 % которой уже занято отходами. Большинство из действующих полигонов не удовлетворяют природоохранным, санитарным и другим требованиям Республики Беларусь. Так, только около 30 % полигонов оборудовано противифльтрационными экранами, защищающими почву и подземные воды от воздействия продуктов разложения отходов в теле полигона; около 35 % не имеют паспорта объекта захоронения.

Методика расчета

Расчет полигона проводится в три этапа.

1. Определение общей вместимости полигона ТБО на весь срок его эксплуатации.

Для этого необходимы следующие данные:

- расчетный срок эксплуатации полигона T , лет;
- удельная норма образования отходов на одного человека в год, U_1 , м³/челгод; в среднем для Беларуси $U_1 = 1,1$ м³/челгод;
- скорость ежегодного прироста удельной нормы U , % (принимается $U = 1,8\%$);

- численность населения города на момент проектирования полигона N_1 , чел.;
 - прогнозируемая численность населения города через T лет – N_2 , чел.;
 - ориентировочная высота «холма» ТБО на полигоне, H_n^1 , м.
1. Определение удельной нормы образования Y_2 ($m^3/челгод$) отходов через T лет:

$$Y_2 = Y_1 \cdot (1 + U/100)^T.$$

2. Общая вместимость полигона E_T , m^3 :

$$E_T = \frac{Y_1 + Y_2}{2} \cdot \frac{N_1 + N_2}{2} \cdot \frac{K_2}{K_1} \cdot T,$$

где N_1 , N_2 – численность населения на момент ввода полигона в эксплуатацию и спустя время T , чел; K_1 – коэффициент уплотнения ТБО за весь период T ; K_2 – объем изолирующих слоев грунта; T – период эксплуатации полигона до его закрытия, лет. K_1 и K_2 определяют по таблицам 9 и 10 в зависимости от ориентировочной высоты «холма» полигона ТБО H_n^1 (м).

Таблица 9 – Значения коэффициента K_1

Масса бульдозера, т	H_n^1 , м	K_1
14	10	3,7
14	10–30	4
20–25	Более 30	4,5

Таблица 10 – Значения коэффициента K_2

H_n^1 , м	<5	5–7	7,1–9	9,1–12	12,1–15	15,1–39	40–50
K_2	1,37	1,27	1,25	1,24	1,2	1,18	1,16

2. Определение площади полигона

Основание полигона (или рабочей карты на полигоне) принимаем в виде прямоугольника, а форму «холма» отходов - в виде усеченной пирамиды.

1. Из объема пирамиды ($V = SH/3$) определяют ее основание (площадь участка складирования ТБО) S , m^2 :

$$S_{yc} = 3 \cdot V/H = 3 \cdot E_T/H_{\Pi}'.$$

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_{Π} (m^2) должна быть больше участка складирования S_{yc} для размещения вспомогательной зоны $S_{доп}$ (принимая $S_{доп} = 0,6$ га) и проездных дорог (коэффициент 1,1):

$$S_{\Pi} = 1,1 \cdot S + S_{доп}.$$

3. Уточнение высоты «холма» ТБО и расчет параметров котловины.

Практика показывает, что грунт для изолирующих промежуточных слоев, а в будущем для рекультивационного (верхнего) слоя при закрытии свалки экономически целесообразно заготавливать из котлована под основание участка складирования ТБО.

1. Холм полигона имеет вид усеченной пирамиды. Объем усеченной пирамиды V , m^3 («холма» ТБО) можно определить по формуле:

$$V = \frac{1}{3} \cdot (S_{yc} + S_B + \sqrt{S_H} \cdot S_B \cdot H_{\Pi}),$$

где S_H , S_B – площадь нижнего и верхнего основания пирамиды, m^2 ; H – высота пирамиды, m .

Таким образом, общая вместимость полигона E_T , m^3 :

$$E_T = \frac{1}{3} \cdot (S_{yc} + S_B + \sqrt{S_{yc}} \cdot S_B \cdot H_{\Pi}).$$

Отсюда, уточняем высоту полигона H_{Π} , m :

$$H_{\Pi} = \frac{3 \cdot E_T}{(S + S_B + \sqrt{S \cdot S_B})}.$$

Площадь верхнего основания холма полигона представляет форму квадрата. Принимаем $S_{\mathbf{B}} = 40 \times 40 \text{ м}^2$.

2. Определяют требуемый объем грунта $V_{\mathbf{r}}$, м^3 :

$$V_{\mathbf{r}} = E_{\mathbf{T}} \cdot \left(1 - \frac{1}{K_2}\right).$$

3. Глубина котлована $H_{\mathbf{K}}$ (м) с учетом откосов (коэффициент 1,1) равна:

$$H_{\mathbf{K}} = 1,1 \cdot \frac{V_{\mathbf{r}}}{S_{\mathbf{yc}}}$$

4. Оценивают верхнюю отметку полигона ТБО $H_{\mathbf{BO}}$, м:

$$H_{\mathbf{BO}} = H_{\mathbf{П}} - H_{\mathbf{K}} + 1.$$

Высоту наружного изолирующего слоя грунта принимают равным 1 м, что учтено в предыдущей формуле.

Исходные данные для индивидуального расчета приведены в таблице 11.

Отчеты по выполненным работам необходимо представить по форме, приведенной в таблице 12.

Таблица 11 – Исходные данные (варианты)

№ вар.	T, лет	N1, чел	N2, чел	HП ¹ , м
1	2	3	4	5
1	20	350 000	500 000	20
2	20	1 300 000	2 000 000	40
3	25	280 000	450 000	25
4	18	630 000	1 000 000	30
5	22	410 000	800 000	30
6	25	250 000	520 000	20
7	20	1 100 000	1 800 000	35
8	18	800 000	1 100 000	30
9	19	425 000	630 000	30
10	22	370 000	530 000	30
11	23	1 600 000	2 200 000	40
12	25	1 025 000	1 500 000	40
13	20	220 000	390 000	20
14	18	420 000	610 000	25
15	18	550 000	950 000	25
16	22	1 310 000	2 000 000	40

1	2	3	4	5
17	22	355 000	940 000	20
18	25	820 000	1 300 000	30
19	20	225 000	475 000	20
20	18	510 000	975 000	25
21	20	1 400 000	1 900 000	40
22	23	345 000	420 000	20
23	22	660 000	1 400 000	25
24	25	1 250 000	2 300 000	40
25	25	440 000	710 000	25

Таблица 12 – Форма представления отчета

№ вар.	$E_T, \text{м}^3$	$S, \text{м}^2$	$S_{II}, \text{м}^2$	$H_{II}, \text{м}$	$V_T, \text{м}^3$	$H_{BO}, \text{м}$

Оценка количества биогаза, образующегося на полигоне

Любой полигон твердых бытовых отходов (ТБО) представляет собой большой биохимический реактор, в недрах которого в процессе эксплуатации, а также в течение нескольких десятилетий после закрытия в результате анаэробного разложения отходов растительного и животного происхождения образуется биогаз. Биогаз, или как его иногда называют, свалочный газ, представляет собой смесь метана и углекислого газа примерно в равной пропорции. Примеси других газов незначительны и обычно не превышают 1%.

Биогаз неизбежно попадает в атмосферу, что вызывает ряд негативных последствий. Известно много случаев отравления при техническом обслуживании углубленных инженерных коммуникаций. Накопление газа в теле свалки зачастую вызывает самовозгорание ТБО. Процесс горения сопровождается образованием токсичных веществ, в частности, диоксинов. В последнее время особую актуальность приобрели парниковые свойства метана, содержащегося в биогазе, в связи с проблемой потепления земного климата.

Системы сбора и утилизации биогаза на полигонах ТБО получили широкое распространение в мире. По данным европейской биогазовой ассоциации количество таких систем в 2002 году

составляло: в Германии – 409, Италии – 89, Швеции – 83, Дании – 17. В США существует около тысячи полигонов, на которых биогаз собирается и сжигается в факеле. Примерно третья часть этих полигонов использует биогаз для получения тепловой или электрической энергии. Наличие системы сбора и утилизации биогаза является обязательным требованием при строительстве полигонов ТБО в большинстве развитых стран мира.

Первичная оценка количества биогаза, образующегося на полигоне, проводится с помощью следующей формулы:

$$Q = L_0 R (k_c - k t),$$

где Q – Количество метана, образующегося в течение года ($\text{м}^3/\text{год}$);

L_0 – Потенциал образования метана ($\text{м}^3/\text{т}$ ТБО), $L_0 = 125\text{м}^3/\text{т}$;

R – Среднее количество вывозимых ТБО ($\text{т}/\text{год}$);

k – Постоянная образования метана ($1/\text{год}$), $k = 0,04$;

c – Время с момента закрытия полигона (лет);

t – Время с момента открытия полигона (лет).

Для того чтобы оценить возможное количество собранного биогаза, необходимо принять во внимание, что система сбора биогаза будет покрывать 80% площади полигона, а эффективность сбора биогаза отдельной скважиной составит 75%. Стоимость 1 калории тепла, полученной при сжигании биогаза, составляет 90% от стоимости калории, полученной при сжигании природного газа.

К достоинствам данного метода относится уменьшение эмиссии парниковых газов, выраженное в тоннах CO_2 -эквивалента, за счет уменьшения поступления метана в атмосферу и замещения использования природного газа для производства тепла и электроэнергии.

Индивидуальное задание

1. Используя исходные данные, приведенные в таблице 13, рассчитать мощность полигона ТБО для данного населенного пункта и его площадь. Результаты расчетов оформить в виде таблицы 14.

2. Рассчитать количество биогаза, который можно собирать с данного полигона через 5 лет после его закрытия. Результаты расчетов оформить в виде таблицы 14.

Таблица 13 – Исходные данные для расчета

№ варианта	Численность обслуживаемого региона, чел.	Расчетный срок эксплуатации, лет	Проектируемая высота полигона, м	Годовая удельная норма накопления ТБО, м ³ /чел
1	250 000	15	35	1,1
2	100 000	16	40	1,3
3	150 000	15	30	1,5
4	200 000	17	40	1,1
5	250 000	15	50	1,1
6	300 000	19	40	1,3
7	350 000	15	50	1,5
8	400 000	18	20	1,1
9	150 000	15	35	1,1
10	225 000	17	45	1,3
11	345 500	16	40	1,5
12	276 000	19	30	1,1
13	265 000	20	50	1,1
14	297 000	15	20	1,3
15	175 000	15	30	1,5
16	200 500	20	40	1,1
17	100 000	15	35	1,4
18	155 000	20	45	1,3
19	122 000	20	25	1,5
20	225 000	20	30	1,1
21	223 000	18	50	1,1
22	273 500	15	50	1,3
23	244 000	19	40	1,5
24	294 500	20	40	1,1
25	265 000	20	35	1,4
26	355 000	17	40	1,4
27	196 000	18	50	1,4
28	165 000	20	20	1,4
29	270 000	20	30	1,3
30	197 500	20	30	1,2

Таблица 14 – Результаты расчета

№ варианта	Вместимость полигона, м ³ /год	Площадь полигона, м ²	Первичная оценка количества биогаза, м ³ /год	Количества биогаза, м ³ /год

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь об утверждении Классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь, 8 ноября 2007 г. – № 85.

2. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерства здравоохранения Республики Беларусь и Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь об утверждении инструкции о порядке установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производства, 17 января 2008 г. – № 3/13/2.

3. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь о некоторых вопросах разработки нормативов образования отходов производства, порядка их согласования и утверждения, 22 ноября 2007 г. – № 89.

4. Кузьмин, Р.С. Компонентный состав отходов : в 2 ч. / Р.С. Кузьмин. – Казань : Дом печати, 2007. – Ч. 1. – 156 с.

5. Кузьмин, Р.С. Компонентный состав отходов : в 2 ч. / Р.С. Кузьмин. – Казань : Дом печати, 2007. – Ч. 2. – 156 с.

6. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 19.01.2000 №14/8а «Методические нормативные указания по выбору и размещению площадок временного складирования и мини-полигонов твердых бытовых отходов сельских населенных пунктов и поселков городского типа».

7. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 05.03.2008 №333 «О Государственной программе по строительству на действующих объектах захоронения коммунальных отходов защитных сооружений, предотвращающих загрязнение окружающей среды отходами, продуктами их взаимодействия и (или) разложения, на 2008–2014 годы».

8. Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Обращение с коммунальными отходами. Правила эксплуатации объектов обезвреживания коммунальных отходов : ТКП 17.11-03–2009.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Показатели опасности компонентов отходов

Первичные показатели опасности компонента отхода	Степень опасности компонента отхода для ОС по каждому компоненту отхода			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация вещества в почве (ПДК _п); ориентировочно допустимая концентрация; (ОДК*), мг/кг	< 1	1–10	10,1–100	> 100
Класс опасности в почве	1	2	3	не установлен
Предельно допустимая концентрация вещества в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК _б); ориентировочно допустимый уровень (ОДУ); ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ), мг/л	< 0,01	0,01–0,1	0,11–1	> 1
Класс опасности в воде хозяйственно-питьевого использования	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация вещества в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения (ПДК _{р.х}); ОБУВ, мг/л	< 0,001	0,001–0,1	0,011–0,1	>0,1
Класс опасности в воде рыбохозяйственного использования	1	2	3	4

Продолжение таблицы

Предельно допустимая концентрация вещества среднесуточная в атмосферном воздухе населенных мест (ПДК _{с.с.}); предельно допустимая концентрация вещества максимально разовая в воздухе населенных мест (ПДК _{м.р.}); ОБУВ, мг/м ³	< 0,01	0,01–0,1	0,11–1	> 1
Класс опасности в атмосферном воздухе	1	2	3	4
ПДК _{мин.} ; максимально допустимое содержание (МДС); максимально допустимый уровень (МДУ), мг/кг	< 0,01	0,01–1	1,1–10	> 10
Ig (S, мг/л/ ПДК _в , мг/л)* S – растворимость компонента отхода (вещества) в воде при 20°С	> 5	5–2	1,9–1	< 1
Ig (C _{нас.} , мг/м ³ /ПДК _{р.з.}) C _{нас.} – насыщающая концентрация вещества в воздухе при 20°С и нормальном давлении; ПДК _{р.з.} – предельно допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны	> 5	5–2	1,9–1	< 1
Ig (C _{нас.} , мг/м ³ / ПДК _{с.с.} или ПДК _{м.р.})	> 7	7–3,9	3,8–1,6	< 1,6
Ig K _{ow} (октанол/вода) K _{ow} – коэффициент распределения в системе октанол/вода при 20°С	> 4	4–2	1,9–0	< 0
LD ₅₀ (мг/кг) – средняя смертельная доза компонента в миллиграммах действующего вещества на 1 кг живого веса, вызывающая гибель 50% подопытных животных при однократном пероральном введении в унифицированных условиях	< 15	15–150	151–5000	> 5000

Окончание таблицы

LC_{50} (mg/m^3) – средняя смертельная концентрация вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при ингаляционном поступлении в унифицированных условиях LC_{50} (водн.), мг/л 96 ч БД = БПК</math> ХПК _{100%} БД – биологическая диссимилиация.	<500	500–5000	5001–50000	> 50000
	< 1	1–5	5,1–100	> 100
Перелетность (трансформация в ОС)	< 0,1	0,01–1,0	1,0–10	> 10
	Образ-е более токсичных продуктов, в т.ч. облад. отдаленными эфф-ми или новыми св-вами	Образ-е продуктов с более выраженным влиянием др. критериев опасности	Образ-е продуктов, токсичность которых близка к токсичности исходного вещества	Образ-е менее токсич. продуктов
Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)	Выраженное накопление во всех звеньях	Накопление в нескольких звеньях	Накопление в одном из звеньев	Нет накопления

* В случаях отсутствия ПДК токсичного компонента отхода допустимо использование другой нормативной величины, указанной в скобках.

** Если S = бесконечно, то $Ig(S/ПДК) = 1$, если $S = 0$, то $Ig(S/ПДК) = 0$.

Учебное издание

**КОМПЛЕКСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ОТХОДАМИ**

Методические указания к практическим работам
для студентов специальности 1-57 01 02
«Экологический менеджмент и аудит в промышленности»

Составитель
БЛАГОВЕЩЕНСКАЯ Татьяна Станиславовна

Технический редактор *О. В. Песенько*

Подписано в печать 17.07.2015. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,00. Тираж 150. Заказ 730.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.