



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Геотехника и экология в строительстве»

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

Практикум

**Минск
БНТУ
2016**

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

Практикум для студентов специальностей
1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»,
1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимости»,
1-70 03 01 «Автомобильные дороги», 1-70 03 02 «Мосты, транспортные
тоннели и метрополитены», 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные,
строительные, дорожные машины и оборудование»,
1-70 01 01 «Производство строительных изделий и конструкций»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области строительства и архитектуры*

УДК 574(076.5)
ББК 20.1я7
О-75

С о с т а в и т е л и :

Н. Н. Баранов, Р. И. Ленкевич, Ю. А. Ерохина

Р е ц е н з е н т ы :

кафедра «Безопасность жизнедеятельности и курортологии»
Белорусского государственного экономического университета
(зав. кафедрой, канд. техн. наук, доцент *А. И. Антоненков*);
канд. техн. наук, доцент, заведующий лабораторией конструкций
фундаментов РУП «Институт БелНИИС» Министерства строительства
и архитектуры Республики Беларусь *В. Н. Кравцов*

О-75 **Основы** экологии : практикум для студентов специальностей
1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»,
1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью», 1-70 03 01
«Автомобильные дороги», 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели
и метрополитены», 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строитель-
ные, дорожные машины и оборудование», 1-70 01 01 «Производст-
во строительных изделий и конструкций» / сост.: Н. Н. Баранов,
Р. И. Ленкевич, Ю. А. Ерохина. – Минск : БНТУ, 2016. – 50 с.
ISBN 978-985-550-830-5.

С целью выработки у будущих инженеров-строителей навыков оценки качества среды обитания и установления допустимых антропогенных нагрузок на практических занятиях предусмотрено решение ряда конкретных экологических задач.

В первой теме изучаются особенности привноса в атмосферу (главный геохимический цикл) примесей и их влияние через комплексный показатель ИЗА. Вторая тема посвящена вопросу регулирования концентрации вредных веществ в атмосфере путем их рассеивания в приземной тропосфере. Фактические воздействия шума транспортных потоков и меры защиты от них являются предметом изучения в третьей теме.

В четвертой главе рассматривается одна из актуальных проблем современных городских агломераций – обращение с ТБО, т. е. их складирование и эксплуатация, включая сбор и использование биогаза и фильтра.

УДК 574(076.5)
ББК 20.1я7

ISBN 978-985-550-830-5

© Белорусский национальный
технический университет, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ДИНАМИКА И ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА БЕЛАРУСИ	4
1.1. Общие сведения о приземном слое воздуха.....	4
1.2. Исходные данные.....	7
1.3. Задание студенту.....	8
Литература по теме	8
2. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ВЫБРОСЫ В АТМОСФЕРУ	9
2.1. Термины и определения	9
2.2. Формирование концентраций загрязняющих веществ.....	9
2.3. Определение значения величины предельно допустимого выброса.....	12
2.4. Задание студенту.....	12
3. ШУМОВОЙ РЕЖИМ ТРАНСПОРТНОЙ МАГИСТРАЛИ, ТЕРРИТОРИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ, ВКЛЮЧАЯ ЕГО ОЦЕНОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ.....	13
3.1. Общие сведения о шуме.....	13
3.2. Экспериментальная часть.....	17
3.3. Расчет уровня шума, создаваемого транспортной магистралью	19
3.4. Расчет суммарного (эквивалентного) уровня звука на территории жилой застройки	21
3.5. Шумовой режим помещений	23
3.6. Задание студенту.....	24
Литература по теме	25
4. ПОЛИГОНЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	25
4.1. Общие сведения	25
4.2. Расчетная часть	30
4.3. Мероприятия по защите окружающей среды от воздействия полигона твердых бытовых отходов.....	34
4.4. Задание студенту.....	36
Литература по теме.....	36
ПРИЛОЖЕНИЯ	37

1. ДИНАМИКА И ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА БЕЛАРУСИ

1.1. Общие сведения о приземном слое воздуха

Термины и определения

ПДК_{СС} – предельно допустимая среднесуточная концентрация загрязняющих веществ (ЗВ), практически не влияющая отрицательно на живые организмы.

ПДК_{МР} – предельно допустимая максимальная разовая (не более 20 мин) концентрация.

ССК – среднесуточная концентрация вещества.

Среднегодовая концентрация (СГК) – содержание примеси, определяемое как среднее значение из ССК, измеренных по полной программе контроля не менее чем за 200 суток.

Эффект суммации (ЭС) – усиление вредного воздействия ЗВ, обладающих однонаправленным действием.

Эффект потенционирования (ЭП) – ослабление вредного воздействия ЗВ в определенном их сочетании.

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) – интегральный количественный показатель содержания в воздухе ЗВ с учетом их концентрации и класса опасности.

Мониторинг – система наблюдений, контроля и управления за состоянием окружающей среды (ОС) для предупреждения о возможных нежелательных и критических ситуациях, вредных и опасных для людей и других живых существ.

Уровень загрязнения (УЗ) – соотношение фактической концентрации ЗВ с ПДК_{СС}.

Приземная часть атмосферного бассейна

Чистый и сухой воздух на уровне моря представляет собой механическую смесь нескольких газов: азота – 78,08 %, кислорода – 20,95 %, аргона – 0,93 %, углекислого газа – 0,03 %. На долю остальных газов – неона, гелия, метана, криптона, ксенона, водорода, йода, угарного газа и оксидов азота приходится менее 0,1 %.

Загрязнение атмосферы – изменение газового состава атмосферы в результате привноса в нее примесей. Выделяют загрязнение воздуха антропогенное, обусловленное выбросами от различных отраслей хозяйственной деятельности человека, и естественное, вызванное природными процессами.

Наиболее распространенными примесями в атмосфере являются: твердые частицы (пыль или сажа, копоть), сернистый газ (SO_2), окись углерода (CO), окислы азота (NO), в последние годы – формальдегид (НСНО). Сернистый газ поступает в атмосферу главным образом при сжигании твердого и жидкого топлива, содержащего серу (каменный уголь, мазут), а окислы азота – во время сжигания топлива при высоких температурах в транспортных двигателях, на тепловых электростанциях и некоторых промышленных объектах. Сжигание органического топлива приводит к поступлению в атмосферу окислов углерода (CO_2 и CO). Наличие формальдегида в атмосфере обусловлено выбросами автотранспортных средств в сочетании с высокой интенсивностью солнечной радиации.

Основными источниками выбросов ЗВ в атмосферу на территории Республики Беларусь являются автотранспорт, объекты энергетики и промышленность. На долю передвижных источников приходится более 70 % загрязнения атмосферы. Крупнейшими стационарными источниками являются: Новополоцкое ПО «Нафтан», Мозырский НПЗ, Новолукомльская ГРЭС, ПО «Беларуськалий», Гродненское ПО «Азот», Минская ТЭЦ-4, Мозырская ТЭЦ, Минский тракторный завод, Минская станция аэрации, Белорусский цементный завод.

Постоянный мониторинг состояния атмосферного воздуха проводится в 15 городах республики, где размещены стационарные станции, на которых 3–4 раза в сутки проводится наблюдение за 24 видами ЗВ. Основной объем наблюдений относится к веществам, имеющим повсеместное распространение (пыль, диоксид серы, оксид углерода и оксиды азота). В ряде городов проводится контроль специфических ЗВ, которые присутствуют в выбросах предприятий. Во всех промышленных центрах определяется содержание формальдегида.

Величина ПДК зависит от степени токсичности вещества, характеризующейся классом опасности. В зависимости от степени воз-

действия на организм человека все нормируемые вещества подразделяются на 4 класса опасности:

1-й класс – чрезвычайно опасные, значение ПДК_{МР} которых в воздухе рабочей зоны не должно превышать 0,01 мг/м³;

2-й класс – высокоопасные со значением ПДК_{МР} от 0,01 до 0,1 мг/м³;

3-й класс – умеренно опасные со значением ПДК_{МР} от 0,1 до 1 мг/м³;

4-й класс – малоопасные со значением ПДК_{МР} больше 1 мг/м³.

Гигиеническая оценка загрязнения воздуха выполняется по численному значению величины ИЗА. Этот безразмерный показатель определяется как сумма выраженных в СГК для пяти веществ, имеющих наибольший для каждого конкретного места уровень и приведенных к классу опасности для человека сернистого газа. Значение ИЗА рассчитывается по формуле

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^5 (c_{\text{сг}_i} / \text{ПДК}_{\text{СС}_i}) \gamma_i,$$

где $c_{\text{сг}_i}$ – среднегодовая концентрация i -й примеси, мг/м³;

$\text{ПДК}_{\text{СС}_i}$ – среднесуточное ПДК для i -й примеси, мг/м³;

γ_i – коэффициент, соответствующий классу опасности вещества, принимаемый равным 1,7 – для 1-го класса; 1,3 – для 2-го класса; 1 – для 3-го класса; 0,85 – для 4-го класса.

Уровень загрязнения классифицируется согласно существующим методикам:

- низкий – ИЗА < 5;
- повышенный – $5 \leq \text{ИЗА} < 7$;
- высокий – $7 \leq \text{ИЗА} \leq 14$;
- очень высокий – ИЗА > 14.

Воздействие атмосферных токсикантов на человека

Чаще всего вредное влияние происходит через органы дыхания. За одни сутки в организм человека вдыхается 6–12 м³ воздуха (0,5–2 л за один вдох).

Оксид углерода CO – обладает сродством в 300 раз большим к гемоглобину крови чем кислород; препятствует переносу кислорода (кислородное голодание организма). При отравлении через 2–3 ч появляется головная боль, ощущение пульса в висках, головокружение. Воздействует на нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает удушье.

Оксиды азота NO_x – бесцветный, не имеющий запаха, ядовитый газ. В городах, взаимодействуя с углеводородами выхлопных газов, они образуют фотохимический смог. Отравляющее действие начинается с кашля, который переходит в сильный; возможна рвота, иногда головная боль. При контакте с влажной поверхностью слизистой оболочки оксиды азота образуют кислоты HNO_3 и HNO_2 , которые приводят к отеку легких.

Диоксид серы SO_2 – бесцветный газ с острым запахом, создает неприятный вкус во рту, раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательные пути.

Углеводороды (пары бензина, пентан, гексан и др.) обладают наркотическим действием, в малых концентрациях вызывают головную боль, головокружение и т. п.

Дисульфид углерода CS_2 – является ядом нервного действия, вызывает психическое расстройство, наркотическую потерю сознания.

Хлор Cl_2 – наносит урон органам зрения и дыхания.

Фториды вымывают кальций из костей, отрицательно влияют на дыхательные пути.

1.2. Исходные данные

1. Среднегодовые концентрации ЗВ в атмосфере городов Беларуси: справочно-статистические материалы по состоянию окружающей среды и природоохранной деятельности в Республике Беларусь (см. П1).

2. Сведения о ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе. Извлечение из списка Министерства здравоохранения СССР от 27.08.84 № 3086–84 (см. П2).

3. Перечень веществ, обладающих эффектом суммации (см. П3).

4. Источники загрязнения воздуха (см. П4).

1.3. Задание студенту

1. Изучить термины и определения.
2. Привести примеры отрицательных влияний ЗВ на человека.
3. Рассчитать среднегодовые уровни загрязнения атмосферы по одному из городов Беларуси (П1 и П2).
4. Построить графики колебания уровней загрязнения для каждого из контролируемых веществ.
5. Выявить варианты сочетаний веществ, обладающих эффектом суммации (П3) и рассчитать соответствующие УЗ.
6. Рассчитать значение величин ИЗА по годам и представить в виде графика.
7. Выявить возможные источники каждого из ЗВ (П4).
8. Сделать заключение по атмосферной ситуации города.

Литература по теме

1. Челноков, А. А. Основы промышленной экологии : учебное пособие / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. – Минск : Высшэйшая школа, 2001. – 343 с.
2. Стадницкий, Г. В. Экология : учебное пособие для вузов / Г. В. Стадницкий, А. И. Радионов. – СПб. : Химия, 1996. – 240 с.
3. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень 2003 г. – Минск : РУП «Минсктиппроект», 2003. – 232 с.

2. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ВЫБРОСЫ В АТМОСФЕРУ

2.1. Термины и определения

ПДК_{МР}, ПДК_{СС}, ЗВ, ОС, УЗ – см. п. 1.1.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) – научно-технический норматив, устанавливаемый из условия, что содержание ЗВ в приземном слое воздуха (на высоте 1,5–2 м от поверхности земли) от рассматриваемого источника не превысит ПДК для населения, животных и растений.

2.2. Формирование концентраций загрязняющих веществ

При проектировании новых и реконструкции действующих промышленных предприятий необходимо заранее рассчитать ожидаемое количество и состав выбросов. На базе выполненных расчетов следует прогнозировать вероятный уровень загрязнения атмосферного воздуха и разрабатывать возможные природоохранные мероприятия. Ожидаемое количество выбросов определяют расчетным путем по укрупненным удельным показателям.

Разработка и внедрение ПДВ на практике способствует ограничению попадания вредных веществ в атмосферу.

На рассеивание ЗВ в атмосфере влияют:

- направление ветра;
- скорость ветра;
- температура атмосферного воздуха;
- температурная стратификация атмосферы.

Приземная концентрация ЗВ зависит:

- от состава образующейся пылегазовоздушной смеси;
- параметров источника выброса;
- интенсивности выброса;
- температуры выброса;
- эффективности пылеулавливания;
- аэродинамических условий.

Максимальную приземную концентрацию ЗВ в приземном слое C_{\max} от одиночного точечного источника выброса круглого сечения рассчитывают по формуле

$$C_{\max} = \frac{AMF\eta mn}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \text{ мг/м}^3, \quad (2.1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации

в атмосфере и характеризующий условия перемешивания примесей; для Беларуси $A = 140$;

M – интенсивность выброса, мг/с;

H – высота источника выброса, м;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания частиц из атмосферы и имеющий значение: $F = 1$ – для газообразных веществ; $F = 2$ – для минеральных частиц при степени очистки более 90 %; $F = 2,5$ – то же при степени очистки от 75 до 90 %; $F = 3$ – то же при степени очистки менее 75 %;

η – коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примесей; $\eta = 1$ для ровных поверхностей, $\eta < 1$ – для местности с препятствиями;

n – коэффициент, учитывающий скорость ветра U_m (см. Пб):

$$\text{при } U_m > 2 \text{ м/с} \quad n = 1;$$

$$\text{при } 0,5 < U_m \leq 2 \text{ м/с} \quad n = 0,532U_m^2 - 2,13U_m + 3,13;$$

$$\text{при } U_m \leq 0,5 \text{ м/с} \quad n = 4,4 U_m;$$

ΔT – разность температур нагретой смеси и атмосферного воздуха, °С;

V_1 – объем выбрасываемой нагретой смеси газов:

$$V_1 = \frac{\pi D^2 U_0}{4}, \text{ м}^3/\text{с};$$

m – коэффициент, учитывающий условия выхода нагретой смеси газов:

$$m = \left(0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f} \right)^{-1},$$

$$f = 1000 \frac{U_0^2 D}{H^2 \Delta T},$$

где U_0 – скорость выхода нагретой смеси газов, м/с;

D – диаметр сечения источника выброса, м.

Максимальное расстояние X_{\max} от точечного источника выброса до точки C_{\max} рассчитывается по формуле

$$X_{\max} = \frac{5-F}{4} dH, \text{ м,}$$

где d – безразмерный эмпирический коэффициент влияния скорости ветра который определяется в зависимости от параметра U_m :

$$\text{при } U_m \leq 0,5 \text{ м/с} \quad d = 2,48U_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f});$$

$$\text{при } 0,5 < U_m < 2 \text{ м/с} \quad d = 4,95U_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f});$$

$$\text{при } U_m > 2 \text{ м/с} \quad d = 7\sqrt{U_m} (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}).$$

Опасность отсутствует, если на расстоянии X_{\max} соблюдается условие непревышения уровня загрязнения:

$$УЗ = \frac{C_{\max}}{\text{ПДК}_{\text{МР}}} \leq 1,$$

$$\text{ПДК}_{\text{МР}}^{\text{SO}_2} = 0,5 \text{ мг/м}^3,$$

$$\text{ПДК}_{\text{МР}}^{\text{NO}_x} = 0,085 \text{ мг/м}^3,$$

$$\text{ПДК}_{\text{МР}}^{\text{ЗОЛЫ}} \leq 0,5 \text{ мг/м}^3.$$

При оценке опасности загрязнения атмосферы оксидами SO_2 и NO_x следует учитывать однонаправленное действие этих веществ (так называемый «эффект суммации»), т. е.

$$УЗ = \frac{C_{\max \text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{C_{\max \text{NO}_x}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_x}} \leq 1.$$

В случае превышения норм ($УЗ > 1$) следует по формуле (2.1) считать ПДВ, при котором не будет превышения уровня загрязнения.

2.3. Определение значения величины предельно допустимого выброса

Расчет ПДВ для данного вида вещества базируется на определении значения величины выброса M_v при $C_{max} = ПДК_{MP}$:

$$M_v = \frac{C_{max} H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}{AFm\eta}, \text{ мг/с.}$$

При окончательном расчете ПДВ необходимо учесть фоновую концентрацию веществ C_ϕ и эффект суммации:

$$ПДВ = \frac{(C - C_\phi) H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}{AFm\eta}, \text{ мг/с,}$$

где $C_{\phi, SO_2} = 0,001 \text{ мг/м}^3$; $C_{\phi, NO_x} = 0,015 \text{ мг/м}^3$; $C_{\phi, зола} = 0,018 \text{ мг/м}^3$.

2.4. Задание студенту

1. По одному из вариантов П5 рассчитать значения величин C_{max} и X_{max} .
2. Оценить уровень загрязнения приземного слоя воздуха для каждого из веществ.
3. Определить допускаемую мощность выброса M_v .
4. Результат расчетов представить в табличной форме.

Вещество	C_{max} , мг/м ³	X_{max} , м	УЗ	ПДВ, мг/с
Окислы серы				
Окислы азота				
Зола				

3. ШУМОВОЙ РЕЖИМ ТРАНСПОРТНОЙ МАГИСТРАЛИ, ТЕРРИТОРИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ

3.1. Общие сведения о шуме

Термины и определения

Звук – распространяющиеся в упругой среде и воспринимающиеся слухом (ухом) возмущения в виде колебаний и волн (в воздухе – воздушный шум, в жидкости или твердом теле – структурный звук).

Порог слышимости – воспринимаемое незащищенным человеческим ухом давление $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па (человеческое ухо слышит звук на частоте 1 кГц в динамическом диапазоне от p_0 до $p = 20$ Па).

Полное давление p_i – создавшееся в реальных условиях в рассматриваемой области давление (скалярная величина, зависящая от времени t и координаты r).

Звуковое давление p – это переменное изменение статического давления воздуха, измеряемое в паскалях ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$):

$$p = p_i - p_0.$$

Звуковой луч – направление распространения звуковой волны.

Фронт волны – геометрическое место точек, в которых фаза колебаний имеет одно и то же значение.

Звуковое поле – область пространства, в которой распространяются звуковые волны.

Частота колебаний f – величина, обратная периоду колебаний:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}, \text{ Гц,}$$

где ω – круговая частота, рад/с.

Резонанс – явление, при котором имеет место совпадение частот колебаний вынужденных f и свободных f_0 .

Затухающие колебания – свободные колебания с убывающей (затухающей) энергией.

Инфразвук – колебания или волны с частотой, менее нижней граничной частоты восприятия уха человека (менее 16 Гц).

Ультразвук – колебания или волны с частотой больше верхней граничной частоты восприятия уха человека (больше 20 кГц).

Шум – звук, нарушающий тишину, постоянно присутствующий или мешающий слуховому восприятию, приводящий к напряженности или нарушению здоровья (нежелательный, неприятный).

Шум окружающей среды – звук, который обычен для определенного места (цех, квартира, улица).

Уровень звукового давления (УЗД) L – параметр практической оценки шума:

$$L = 10 \lg \left(p_i^2 / p_0^2 \right) = 20 \lg (p_i / p_0), \text{ дБ.}$$

Уровень звуковой мощности (УЗМ) L_p – параметр практической оценки звука:

$$L_p = 10 \lg (N_i / N_0), \text{ дБ,}$$

где N_i – звуковая мощность источника, принимаемая по паспортным данным, Вт;

N_0 – пороговая звуковая мощность, Вт.:

$$N_0 = 2 \cdot 10^{-12}.$$

Уровень звука L_A , дБА – общий уровень непостоянного во времени звукового давления (определяется шумомером на кривой частотной коррекции A).

Суммарный (эквивалентный) уровень звука $L_{A_{\text{ЭКВ}}}$, дБА – уровень стабильного широкополосного неимпульсного шума.

Источники и нормирование шума

Цель гигиенического нормирования – профилактика возможных функциональных расстройств и заболеваний, развития чрезмерного утомления и снижения трудоспособности населения. Степень шумозащищенности определяется нормами допустимого шума для территории или помещения данного значения.

Нормируемыми параметрами постоянного шума в расчетных точках следует считать уровни звукового давления L в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Нормируемыми параметрами колеблющегося во времени шума в расчетных точках следует считать эквивалентные (по энергии) уровни звука $L_{Aэ\text{кв}}$, дБА.

Нормируемыми параметрами прерывистого и импульсного шума в расчетных точках следует считать эквивалентные (по энергии) уровни звукового давления $L_{э\text{кв}}$ в октавных полосах, что и для L .

Допустимые значения величин L ($L_{э\text{кв}}$) в октавных полосах частот в зависимости от вида помещений и территорий находятся в пределах 13–79 дБ, а L_A и $L_{Aэ\text{кв}}$ – в пределах 25–60 дБА (55 дБА для жилой застройки) и принимаются в соответствии с таблицей 1 СНиП II-12–77 «Защита от шума».

Октавные уровни величины L в расчетных точках, если источник расположен на территории застройки, следует определять по формуле

$$L = L_p - 15 \lg r + 10 \lg \Phi - \frac{\beta_a r}{1000} - 10 \lg \Omega, \text{ дБ},$$

где r – расстояние от источника шума до расчетной точки, м;

Φ – фактор направленности источника шума ($\Phi = 1$ при равномерном излучении звука);

β_a – затухание звука в атмосфере:

Частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
β_a , дБ/км	0	0,7	1,5	3	6	12	24	48

Ω – пространственный угол излучения звука; $\Omega = 4\pi$ в пространстве; $\Omega = 2\pi$ на поверхности территории или ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Принципы защиты застройки от шума

К комплексу градостроительных мероприятий строительно-акустических средств снижения шума относятся:

- зонирование территорий;
- экранирование;
- зеленые насаждения;
- шумозащитные окна;
- шумозащитные здания.

Функциональное зонирование заключается в отделении жилых, лечебных и рекреационных районов от промышленных и коммунально-складских, а также транспортных коммуникаций. Это достигается обеспечением:

- соблюдения минимальных расстояний между границами зон;
- временем действия определенных уровней звука (в ночное и дневное время);
- различных допускаемых уровней звука.

Шумозащитные здания делят на два типа:

- дома со специальной объемно-планировочной структурой и объемно-пространственными решениями (не более одной комнаты со стороны улицы);
- дома, в которых окна и балконные двери имеют повышенную звукоизоляцию и снабжены специальными вентиляционными устройствами, совмещенными с глушителями шума.

Комплекс вышеупомянутых мероприятий реализуется экологической архитектурой, охватывающей направления:

- ландшафтное;
- эстетическое;
- выделение зон (жилых, рекреационных, санитарно-защитных, промышленных, внешнего транзита, коммунально-складских).

Оценка шумового режима

Шумовой фон районов застройки формирует, главным образом, городской транспорт. Шумы оценивают параметром $L_{A_{ЭКВ}}$. Величину этого показателя измеряют шумомерами и фильтрами.

Однако такие замеры отражают состояние на момент измерений, а не стабильное значение уровня звука $L_{A_{ЭКВ}}$. Для определения значения величины $L_{A_{ЭКВ}}$ проводят натурное обследование транспортной магистрали и территории, включающее в себя параметры:

- размеры проходящих потоков;
- скорость автомобильного потока;
- расстояние от автодороги до конструкций зданий и сооружений;
- наличие экранирующих устройств (забор, киоск, строение, земляной вал, вертикальные щиты и др.) и их параметры;
- ширина улицы между фасадами зданий;
- вид покрытия проезжей части;
- наличие уклона дороги.

3.2. Экспериментальная часть

Натурное обследование территории

На обочине транспортной магистрали располагаются наблюдатели, которые фиксируют параметры движения в «часы пик». Результаты полученных данных сводят в форму таблиц.

Схема движения в изучаемом узле

Место обследования _____
адрес

Ситуация при обследовании _____
дата, время суток, погода

Учетчик _____
Ф. И. О., группа

Таблица 3.1

Схема движения

Интервалы времени обследования	Размеры проходящих потоков			
	Автомобили		Автобусы	Троллейбусы
	легковые	грузовые		

По данным табл. 3.1 устанавливают плотность потока N – количество единиц в 1 ч (интенсивность движения) и P – процент содержания в потоке грузового и общественного транспорта.

По данным табл. 3.2 устанавливают значение величины средней взвешенной скорости V , км/ч.

Таблица 3.2

Скорости автомобильного потока

Расстояние	Время, с	Вид транспорта	Скорость, км/ч
		Троллейбус	
		Автобус	
		Автомобиль легковой	
		Автомобиль грузовой	

Вид покрытия проезжей части

_____ (асфальтобетон, цементобетон, гравий, песок, связный грунт)

Расстояния от автомагистрали до фасадной стороны здания, м

Всего _____

в том числе: асфальтовое покрытие _____

газон _____

зеленые насаждения _____

открытый грунт _____

Экранирующие элементы и их расположение

(h – высота, м; a – расстояние от РТ; b – расстояние до фасада здания, м)

Забор _____

Киоск _____

Строение _____

Земляной вал _____

Вертикальные щиты _____

Ширина улицы между фасадами зданий, м

Наличие уклона дороги (%)

3.3. Расчет уровня шума, создаваемого транспортной магистралью

Графический расчет

На практике используют графоаналитический метод расчета уровня звука (специальная номограмма ЦНИИП градостроительства). По натурному обследованию территории и потоков транспорта прилегающей магистрали выявляют исходные данные N , P и V (см. п. 3.2).

Эквивалентные уровни звука в РТ определяют по номограмме, приведенной на рис. 3.1.

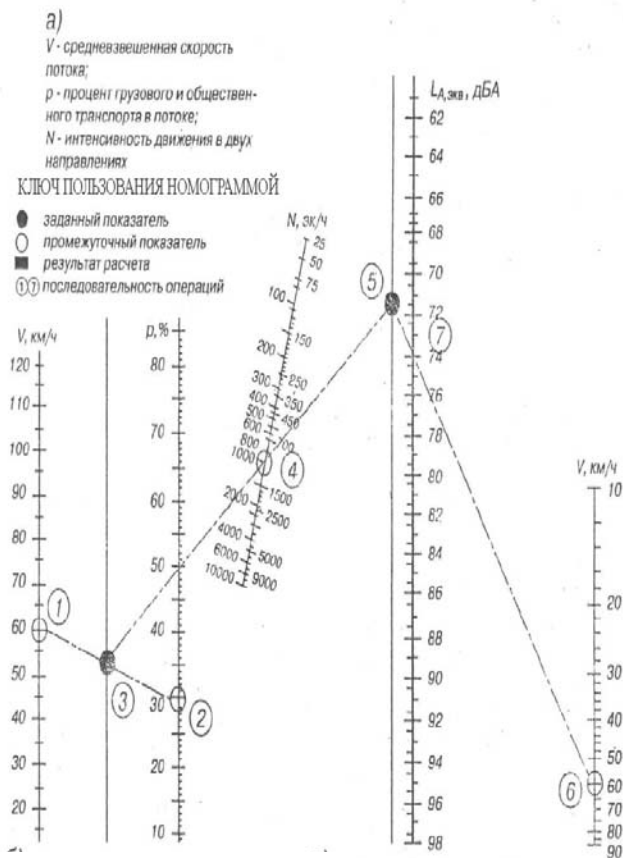


Рис. 3.1. Номограмма для определения $L_{A, \text{ экв.}}$ в РТ

В номограмме величина $L_{A_{\text{экв.}}}$ поставлена в зависимости от сочетания парных значений. Вначале от скорости движения V и процента содержания в потоке грузового и общественного транспорта P (см. шкалы в левой части рисунка), а затем от плотности потока N и его скорости V (правая часть графика).

Аналитический расчет

Значение величины $L_{\text{экв.}}$ в РТ рассчитывают по формуле

$$L_{A_{\text{экв.}}} = 10 \lg N + 13,3 \lg V + 4 \lg(1 + P) + \Delta L_{A_1} + \Delta L_{A_2} + 15, \text{ дБА},$$

где ΔL_{A_1} – поправка, учитывающая вид покрытия проезжей части улицы или дороги, дБА (при асфальтобетонном покрытии $\Delta L_{A_1} = 0$ дБА, при цементобетонном – 3 дБА);

ΔL_{A_2} – поправка, учитывающая продольный уклон улицы или дороги:

Продольный уклон улицы или дороги, %	Доля средств грузового и общественного транс- портного по- тока, %		0	5	20	40	100
2	0,5	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5
4	1	1,5	2,5	2,5	2,5	3	3
6	1	2,5	3,5	4	5	5	5
8	1,5	3,5	4,5	5,5	6,5	6,5	6,5
10	2	4,5	6	7	8	8	8

Расчет эквивалентного уровня шума, создаваемого трамваями

Натурное обследование территории выполняется согласно описанному в п. 3.2. Эквивалентный уровень $L_{A_{\text{экв.}}}$ определяется по формуле

$$L_{A_{\text{экв.тр}}} = 10 \lg N + \Delta L_{A_3} + 51, \text{ дБА},$$

где N – интенсивность движения трамваев, пар/ч;

ΔL_{A_3} – поправка, учитывающая влияние основания пути:

Основание пути	ΔL_{A3} , дБА
Шпально-песчаное	0
Шпально-щебеночное	+4
Шпально-щебеночное на монолитной плите	+1
Монолитно-бетонное	+10

Расчет уровня шума, создаваемого транспортной магистралью

Расчет эквивалентного уровня шума от всех видов транспорта в РТ выполняется по формуле

$$L_{A_{\text{экв.}}} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{A_i \text{ экв.}}} \right), \text{ дБА.}$$

3.4. Расчет суммарного (эквивалентного) уровня звука на территории жилой застройки

Эквивалентный уровень звука $L_{A_{\text{экв.}}}$, создаваемый транспортом у фасада здания, определяется по формуле

$$L_{A_{\text{экв.терр.}}} = L_{A_{\text{экв.}}} - \Delta L_{A_4} + \Delta L_{A_5}, \text{ дБА,}$$

где ΔL_{A_4} – снижение уровня шума в зависимости от расстояния от оси полосы движения транспорта до расчетной точки и от вида поверхности на этом участке:

$$\Delta L_{A_4} = x_1 + x_2 + x_3 + x_4,$$

где x_1 – снижение уровня шума под влиянием открытого грунта;

x_2 – снижение уровня шума под влиянием газона;

x_3 – снижение уровня шума под влиянием зеленых насаждений;

x_4 – снижение уровня шума под влиянием экранирующих устройств:

Эмпирический параметр W	Снижение уровня шума x_4 , дБ	Эмпирический параметр W	Снижение уровня шума x_4 , дБ
1,0	14	3,0	23
1,5	17	3,5	24
2,0	19	4,0	25
2,5	22		

Параметр W рассчитывается по формуле

$$W = \frac{1,414h}{\sqrt{\lambda}} \cdot \sqrt{\frac{a+b}{ab}},$$

где λ – длина волны, м (при 500 Гц $\lambda = 0,68$ м);

h – высота экрана, (здание, сплошной забор и другие сооружения) м;

a – расстояние от источника шума до экрана, м;

b – расстояние от экрана до исследуемой точки, м;

ΔL_{A_5} – поправка, учитывающая влияние отраженного звука, в зависимости от отношения $h_{p.m.}/B$ (на высоте третьего этажа $h_{p.m.} = 12$ м):

Тип застройки	Односторонняя	Двусторонняя				
		Отношение $h_{p.m.}/B^*$				
		0,05	0,25	0,4	0,55	0,7
ΔL_{A_5} , дБА	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5

* ширина улицы между фасадами зданий, м.

Снижение уровня шума (x_1, x_2, x_3) в зависимости от вида поверхности рассчитывается по формуле

$$x_i = k_i x,$$

где k_i – коэффициент поглощения шума, составляющий: для асфальта – 0,9; для открытого грунта – 1; для газона – 1,1; для зеленых

насаждений из двух рядов деревьев шириной 6 м – 1,2; для той же полосы с сомкнутыми кронами с подлеском и кустарником – 1,5.

x – снижение уровня шума в результате сферического характера распространения волн:

$$x = 10 \lg \frac{r}{7,5}, \text{ дБА,}$$

где r – ширина i -го покрытия, м;

3.5. Шумовой режим помещений

При определении влияния транспорта на шумовой режим помещений учитывается наиболее слабое место ограждающих конструкций – оконные блоки. Проникая через эти элементы зданий, воздушный шум ослабевает. Используя данные табл. 3.3, можно рассчитать снижение уровня звука.

Таблица 3.3

Уровни звука в помещении

Тип заполнения оконного проема	Конструкция окна		Снижение уровня звука, дБА		
	Толщина стекла, мм	Воздушный промежуток между стеклами, см	Притворы без прокладок	Притворы с уплотняющими прокладками	Глухое
Открытое окно	–	–	5	–	–
Открытая форточка	–	–	10	–	–
Одинарный переплет	1,5–2	–	20	20	22
	4–5	–	21	23	26
	6–8	–	24	27	29
Спаренный переплет	1,5–2	3–5	21	22	24
	4–5	3–5	23	25	27
	6–8	3–5	25	28	30
Двойной переплет	1,5–2	10–12	31	36	38
		20–25	34	39	41
	4–5	10–12	35	40	43
		20–25	38	44	46
	6–8	10–12	37	42	45
		20–25	40	46	48

Рекомендуемые допускаемые уровни шума для видов трудовой деятельности представлены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Допускаемый шум для видов трудовой деятельности

Вид трудовой деятельности	Степень напряженности	Рекомендуемые уровни, дБА
Выработка концепций, новых программ; творчество, преподавание	IV	40
Руководство производством	IV	50
Умственная работа, требующая сосредоточенности	III	55
Умственная работа с оперативными и управленческими функциями	III	60
Умственная операторская работа по точному графику и инструкциям	II	65
Физическая работа, связанная с точностью, сосредоточенностью или периодическим слуховым контролем	II	80

3.6. Задание студенту

1. Изучить терминологию и определения.
2. Ознакомиться с методикой проведения натуральных наблюдений и обмеров.
3. Изучить расчетные формулы и определяемые по ним параметры.
4. Выполнить натурные исследования на транспортных магистралях.
5. Рассчитать уровни шума на автомагистрали, у фасада здания и в помещениях.
6. Сделать анализ шумовой ситуации с выводами и рекомендациями.

Литература по теме

1. Гаев, А. Я. Экологические основы строительного производства / А. Я. Гаев. – Свердловск : Уральский ун-т, 1990. – 206 с.
2. Маслов, Н. В. Градостроительная экология / Н. В. Маслов, – М. : Высшая школа, 2003. – 284 с.
3. Проектирование защиты от транспортного шума и вибраций жилых и общественных зданий : пособие к МГСН 2.04–97. – М. : Правительство Москвы; Москомархитектура, 1999. – 41 с.

4. ПОЛИГОНЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

4.1. Общие сведения

Термины, определения и сокращения

ОС, ПДК_{МР}, ПДК_{СС} – см. п. 1.1.

Отходы – мусор бытовой и строительный, отбросы учреждений питания, торговли, промышленности.

ТБО – твердые бытовые отходы.

МСЗ – мусоросжигающий завод.

МПЗ – мусороперерабатывающий завод.

СЗЗ – санитарно-защитная зона.

Обращение с отходами

Действующая на протяжении всей человеческой истории линейная схема: добыча–переработка (производство)–употребление–полнение отходов – становится все менее приемлемой. Под отходы отчуждаются пахотные земли, а, главное, из-за них все более ухудшается состояние нашей среды обитания. Известны следующие подходы к ТБО:

- стихийное складирование на открытых свалках (необорудованные, «дикие»);
- организованные свалки (формирование больших объемов без утилизации газов и стока);
- полигоны ТБО с утилизацией биогаза (анаэробная деструкция органики с выделением метана);

- компостирование (биохимический процесс обезвоживания);
- глубокое прессование твердого компонента в кипы при давлении до 80 МПа (на Минском МПЗ – это кубы объемом 0,7 м³ и массой 700 кг при сокращении объема в 20 раз);
- пиролиз (нагрев и сжигание при $t = 600\text{--}800$ °С высокотоксичных отходов сельхозхимии, фармацевтических производств, после ухода за больными и т. п.).

Рисайклинг как система сбора и переработки ТБО

Рисайклингом называют рационализированную систему сбора и переработки компонентов ТБО в продукты, имеющие потребительскую стоимость. Он начинается с отдельного сбора и идентификации отходов, пригодных для повторной переработки. Затем следует сортировка по типу сырья. Пищевые отходы, древесина, листва – все, что способно перегнивать, идет на компостирование. Рисайклинг по сравнению с устранением экономически целесообразен до тех пор, пока сумма прибыли от вторсырья и затрат на устранение является более высокой, чем затраты на рисайклинг. Технические границы рисайклинга обусловлены тем, что пока не для каждого случая существуют подходящие системы идентификации, сортировки и переработки. Расчеты вариантов с рисайклингом по стеклу, пластику, бумаге и картону, а также данные зарубежного опыта однозначно свидетельствуют, что переработка этих компонентов ТБО способна приносить прибыль.

Затраты на организацию сбора и переработку мусора несопоставимы с затратами на печь сжигания и сопутствующие ей системы очистки-нейтрализации. Для большинства видов горючих ТБО рисайклинг является более энергосберегающим методом переработки, нежели сжигание на МСЗ, даже при условии выработки электроэнергии и тепла.

В 40-х годах XX столетия Западная Европа начала возводить МСЗ и активно строила их до 80-х годов. Но затем и там переосмыслили стратегию в обращении с ТБО: перешли от чисто затратных методов к экономическим, рисайклинговым.

Метод полного сжигания ТБО неэкологичен, чрезвычайно дорог и неэкономичен, находится вне современных тенденций. Доля сжигаемых ТБО составляет в США 16 %, в Канаде – 9 %, в Германии – 35 %,

в Великобритании – 1 %, во Франции – 42 %, в Италии – 18 %, в Японии – 75%.

Запустить рिसайклинг может легкий на подъем частный бизнес, но для этого необходимы корректировки нормативно-правовой основы обращения с отходами и минимальная поддержка государства. Необходимо разработать и законодательную базу поощрения предприятий, занимающихся сбором и вторичной переработкой компонентов ТБО. Например, в Германии введена пошлина на загрязнителей ОС, а доход от лицензирования экологичной продукции, маркированной «зеленой точкой», в качестве дотации поступает переработчикам ТБО.

Устройство и возведение полигона твердых бытовых отходов

Полигоны захоронения ТБО являются специальными природоохранительными сооружениями, предназначенными для сбора и обезвреживания отходов. Они также должны обеспечивать высокую степень экологической безопасности для ОС. На полигонах ТБО утилизируются отходы от служб коммунального хозяйства, предприятий торговли, питания, некоторые виды промышленных отходов, не обладающие токсичными или радиоактивными свойствами, а также строительный и уличный мусор.

В состав сооружений полигона ТБО входят чаша и курган (рис. 4.1). Чаша представляет собой выемку с изолирующим экраном для защиты грунтовой среды от фильтратной жидкости. Глубина выемки H_1 и высота кургана H_2 рассчитываются исходя из предполагаемого объема накопления отходов в течении 15–25 лет. Ориентировочные значения величин площади участка складирования, на расчетный период 15 лет приводятся в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Площадь участка складирования, га

Количество проживающих, тыс. чел.	Высота складирования отходов, м					
	12	20	25	35	45	60
50	6,5	4,5–5,5	–	–	–	–
100	12,5	8,5	6,5–7,5	–	–	–
250	31,0	21,0	16,0	11,5	–	–
500	61,0	41,0	31,0	23,0	16,5–20	–
750	91,0	61,0	46,0	34,0	26,0	–
1000	121,0	81,0	61,0	45,0	35,0	27,0–31,0

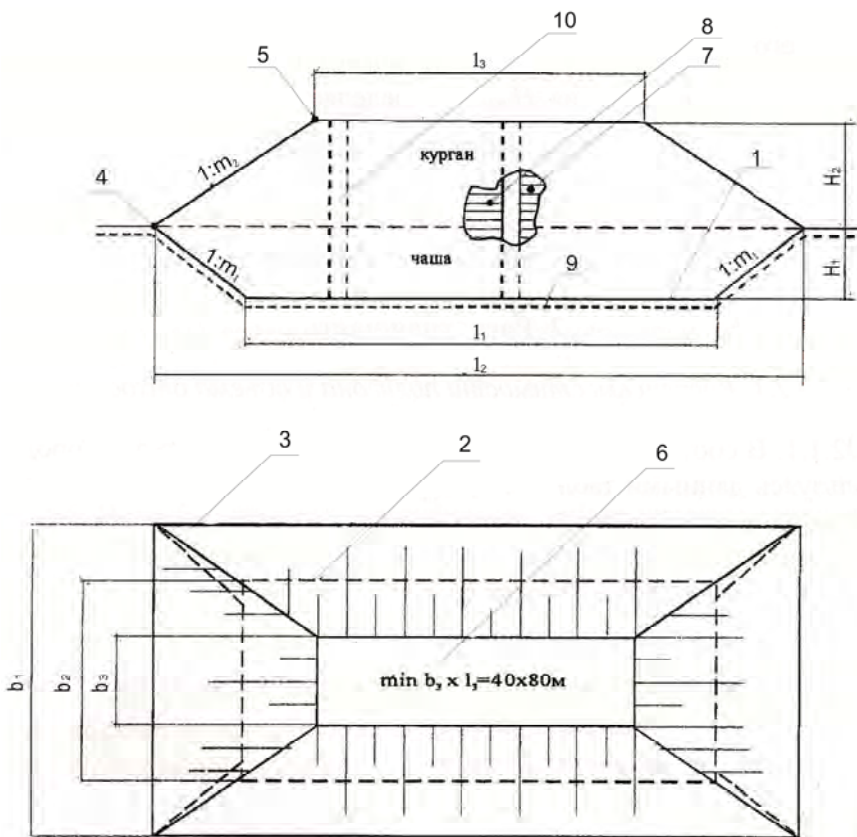


Рис. 4.1. Схема полигона ТБО:

- 1 – дно скважины; 2 – нижний периметр (контур) чаши;
- 3 – верхний контур чаши (нижний периметр кургана);
- 4 – бровка откоса чаши (подошва откоса кургана);
- 5 – бровка откоса кургана; 6 – верхняя площадка;
- 7 – рабочий пласт ТО мощностью 2 м; 8 – изоляционный слой грунта толщиной 0,25 м; 9 – водопроницаемый экран; 10 – колодец сбора биогаза

Высота откоса H_1 при устройстве строительного котлована под будущую чашу определяется по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения для заданного коэффициента устойчивости η (формула проф. Г. И. Тер-Степаняна–проф. М. Н. Гольдштейна):

$$\eta = fA + \left(\frac{c}{\gamma H_1} \right) B, \quad (4.1)$$

где f – коэффициент внутреннего трения:

$$f = \operatorname{tg}\varphi;$$

φ – угол внутреннего трения грунта основания;

c – удельное сцепление, кПа;

γ – собственный вес грунта, кН/м³;

A и B – коэффициенты, зависящие от геометрических размеров сползающего клина, при условии прохождения поверхности скольжения через подошву откоса:

Заложение откоса, 1:m ₁	1:1	1:1,25	1:1,5	1:1,75	1:2	1:2,25	1:2,5	1:2,75	1:3
A	2,37	2,64	2,64	2,87	3,23	3,19	3,53	3,59	3,59
B	5,79	6,05	6,50	6,58	6,70	7,27	7,30	8,02	8,91

Исходя из формулы (4.1) высота откоса котлована H_1 при принятом значении величины η вычисляется по формуле

$$H_1 = \frac{cB}{\gamma(\eta - fA)}. \quad (4.2)$$

Контуры кургана назначаются исходя из рекомендуемого заложения его откосов $m_2 = 1 : 3 - 1 : 4$.

Высота складирования H_2 определяется исходя из условия заложения внешних откосов $1 : m_2$ и необходимости иметь размеры верхней площадки не менее 40×80 м для обеспечения работы мусоровозов и бульдозеров. Каждый пласт ТБО имеет мощность 2 м, а на него укладывают изоляционный грунтовый слой толщиной 0,25 м.

4.2. Расчетная часть

Расчет вместимости полигона и объема отходов

В соответствии с заданным количеством жителей города и пользуясь данными табл. 4.1, определяем площадь S участка прямоугольной формы. Принято считать, что наиболее экономичны земельные участки, близкие по форме к прямоугольнику с соотношением сторон $l_2 : b_2 = (2,1-1,7) : 1$.

После установления длины l_2 и ширины b_2 земельного участка определяются размеры строительного котлована (чаши). Его глубина H_1 определяется по формуле (4.2).

Размеры площади дна котлована:

$$l_1 = l_2 - 2(H_1 / (1 : m_1)) = l_2 - 2m_1H_1,$$

$$b_1 = b_2 - 2(H_1 / (1 : m_1)) = b_2 - 2m_1H_1.$$

Размеры верхней площадки кургана:

$$l_3 = l_2 - 2(H_2 / (1 : m_2)) = l_2 - 2m_2H_2,$$

$$b_3 = b_2 - 2(H_2 / (1 : m_2)) = b_2 - 2m_2H_2.$$

Объем чаши захоронения (формула как для усеченной правильной пирамиды)

$$V_1 = \frac{1}{3}(S_1 + S_2 + \sqrt{S_1S_2})H_1, \text{ м}^3,$$

где S_1 – площадь дна котлована, м^2 :

$$S_1 = b_1l_1,$$

S_2 – площадь сечения в уровне бровки откоса чаши, м^2 :

$$S_2 = b_2l_2.$$

Объем кургана захоронения

$$V_2 = \frac{1}{3} (S_2 + S_3 + \sqrt{S_2 S_3}) H_2, \text{ м}^3,$$

где S_3 – площадь сечения в уровне верхней площадки, м^2 :

$$S_3 = b_3 l_3.$$

Общая вместимость полигона

$$V = V_1 + V_2, \text{ м}^3.$$

Потребность в изолирующем материале (грунте) определяется по формуле

$$V_{\text{гр.}} = V(1 - 1/k),$$

где k – коэффициент коррекции вместимости полигона вследствие введения слоя грунта изоляции ($k = 1,25$).

Общий объем складирования отходов на полигоне

$$V_{\text{ТБО}} = V - V_{\text{гр.}}, \text{ м}^3.$$

Расчет выделяющегося биогаза

В толще складированной массы отходов идет биотермический анаэробный процесс распада органических веществ. Конечным продуктом этого процесса является биогаз, основу которого составляют метан и диоксид углерода. Биогаз также содержит пары воды, сероводород, аммиак, оксид углерода, оксиды азота и ряд других примесей, вредных для здоровья человека. Ориентировочная продолжительность периода образования биогаза составляет 10–30 лет, а максимальное выделение его с поверхности полигона приходится на седьмой год хранения.

Объем V_3 , масса M_3 , образующегося в течение года биогаза

$$V_3 = M_{\text{ТБО}} W_{\text{уд}}, \text{ м}^3,$$

где $W_{\text{уд}}$ – удельный выход биогаза ($W_{\text{уд}} = 5,1 \text{ м}^3/\text{т}$);

$M_{\text{ТБО}}$ – масса ТБО, завезенная на полигон, высчитывается по формуле

$$M_{\text{ТБО}} = V_{\text{ТБО}} \rho_{\text{ТБО}},$$

где $\rho_{\text{ТБО}}$ – плотность отходов ($\rho_{\text{ТБО}} = 0,75$);

$$M_3 = V_3 \rho_3, \text{ т},$$

где ρ_3 – плотность биогаза ($\rho_3 = 1,248 \text{ кг}/\text{м}^3$).

Суточные объем $V_{3,\text{с}}$ и масса $M_{3,\text{с}}$ биогаза:

$$V_{3,\text{с}} = V_3 / 365, \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$M_{3,\text{с}} = V_{3,\text{с}} \rho_3, \text{ кг}.$$

Расчет выбросов основных загрязняющих ингредиентов в атмосферу рассчитывается по формуле

$$M_i = \frac{M_{\text{ТБО}} M_{\text{В}i}}{100\,000}, \text{ т}/\text{год},$$

где $M_{\text{В}i}$ – параметр выброса i -го вещества, принимаемый по данным табл. 4.2.

Таблица 4.2

Параметры выбросов основных загрязняющих веществ
в атмосферу полигоном ТБО, вместимостью 100 000 т

Наименование веществ	ПДК _{МР} , мг/м ³	ПДК _{СС} , мг/м ³	Класс опасности	Выброс, M _{Вг} , т/год
Азота диоксид	0,085	0,04	2	0,70973
Аммиак	0,2	0,04	4	0,39108
Ангидрид сернистый	0,5	0,05	3	0,05
Бензол (C ₆ H ₆)	1,5	0,1	2	0,00114
Дихлорэтан	3	1	2	0,048
О-крезол	0,028	–	2	0,1176
Метан	100	25	4	115,69
Метилбензол (толуол)	0,6	0,6	3	0,1
Пропан	100	25	4	0,02
Сероводород	0,008	–	2	0,0652
Углерода оксид	3	3	4	1,2
Хлорэтан	–	0,2	4	0,044

Сточные воды полигона

В результате протекания процесса анаэробного разложения ТБО и проникновения внутрь тела полигона воды и влаги образуется фильтрат, представляющий собой темную, дурно пахнущую жидкость. Основными источниками образования сточных вод полигона являются:

- атмосферные осадки;
- избыточная влага складированных отходов, удаляемая из них при укладке с уплотнением (отжимаемая жидкость);
- потребление воды на хозяйственно-бытовые нужды.

Суточный объем $V_{4,ф}$, выделяющегося с уложенной массы отходов фильтрата:

$$V_{4,ф} = k_1 (Q_1 + Q_2) / 365, \text{ м}^3,$$

где k – коэффициент, учитывающий влагопоглощающую и испарительную способность бытовых отходов ($k = 0,1-0,15$);

Q_1 – суммарное годовое количество осадков, выпадающих на поверхность отходов, рассчитывается по формуле

$$Q_1 = S_2 \bar{h}, \text{ м}^3/\text{год},$$

где \bar{h} – среднегодовая норма осадков, м;

Q_2 – суммарное годовое количество прочих вод, распределяемых по поверхности отходов, рассчитывается по формуле

$$Q_2 = K_L N n_M, \text{ м}^3/\text{год},$$

где K_L – расход воды на мойку одного контейнера ($K_L = 0,06 \text{ м}^3$);

N – число контейнеров в сутки;

n_M – число дней в году, когда осуществляется мойка контейнеров ($n_M = 160$).

Содержание веществ в фильтрате по видам для проектируемого полигона за сутки Q_c и за год Q_r , при хранении отходов:

$$Q_c = 10^{-3} \cdot V_{4,\phi} c_\phi, \text{ кг},$$

$$Q_r = Q_c \cdot 365, \text{ т},$$

где c_ϕ – содержание вещества, принимаемое по данным табл. 4.3.

Таблица 4.3

Концентрация вещества в фильтрате, мг/л

Наименования веществ	ПДК	Концентрация в период образования	Концентрация при хранении
Хлориды	350,0	1550–3000	1550–3000
Сульфаты	500,0	300–500	5–30,0
Взвешенные частицы	0,75 к фону	130–600,0	130–600,0
Железо общее	0,3	50,0	4–25
Медь	0,5	0,08–2,0	0,08–2,0
Цинк	1,0	0,6–1	0,3–0,5
Марганец	0,1	0,8–1,2	0,8–1,2
Никель	0,1	0,2–0,4	0,2–0,4

Наименования веществ	ПДК	Концентрация в период образования	Концентрация при хранении
Фосфаты	3,5	8,5–15	8,5–15
Азот аммонийных солей	1,0	100–1200	100–1200
Азот нитратов	10,2	70–500	70–500
Хром	0,5	0,11–0,5	0,11–0,5
Нефтепродукты	0,3	0,7–1,0	–

4.3. Мероприятия по защите окружающей среды от воздействия полигона твердых бытовых отходов

Мониторинг выбросов

В процессе образования выбросов загрязняющих веществ полигоном ТБО осуществляют контроль:

- за работой технологического оборудования;
- соблюдением регламентов технологического процесса;
- составом атмосферного воздуха и химизмом грунтовых вод по внешнему периметру границы СЗЗ.

Отвод биогаза

Для исключения скопления биогаза в теле полигона предусматривается его отвод через сеть дегазационных колодцев. За основу конструкции приняты сборные железобетонные колодцы диаметром 1500 мм.

На поверхности защитного экрана устанавливается плита днища диаметром 2 м, на ней монтируются железобетонные кольца. Монтаж колец производится без заделки стыков, с засыпкой внутренней полости щебнем (гравием). С наружной стороны выполняется фильтрующая обсыпка кольцевым слоем толщиной 0,15–0,35 м. Перед укладкой изолирующего слоя в массу отходов укладывают радиальные газопроводы из полиэтиленовых труб диаметром 300 мм с выводом их в дегазационные вертикальные колодцы. Законченный колодец сверху перекрывают шатровой крышкой с газовыпуском.

Разогретый внутри массива отходов до 40–50 °С биогаз легче воздуха. Из толщи отходов по газопроводам, фильтрующую обсыпку и неплотности железобетонных колец он проникает во внутреннюю полость колодцев и поднимается вверх. Отвод его в атмосферу осуществляется через дефлекторы.

Сбор и обезвреживание фильтрата

Жидкий сток с участка захоронения отходов собирается специальной дренажной системой из перфорированных пластмассовых труб. Далее по сборному магистральному коллектору он самотеком сбрасывается в колодцы – отстойники, за пределы карты складирования.

В качестве первой ступени обезвреживания фильтрата используется его подача на поверхность свалки (как одна из самых дешевых и ускоряющих процесс стабилизации свалки технологий). В колодце-отстойнике монтируется насос. В летний период стоки перекачиваются в сборно-разборную систему трубопроводов. Из перфорированных труб диаметром 76 мм обеспечивается разлив по поверхности карт складирования полигона. Распределение стока допускается из расчета до 30 м³/сут на участок площадью 1 га в течение 6 месяцев в году.

Излишки стоков фильтрата удаляются из колодцев сбора ассенизационной машиной и вывозятся на городские очистные сооружения.

Для отвода потока незагрязненных атмосферных и талых вод с участка и предотвращения подтопления полигона по его периметру устраиваются бетонные лотки сечением 0,5 × 0,5 м со сбором вод в понижения рельефа.

Рекультивация полигонов

Процесс рекультивации захороненных отходов начинается после завершения складирования и перехода свалочного материала в стабилизированное состояние и состоит из двух этапов – технического и биологического.

На первом этапе выполняются геологические, гидрогеологические, геофизические, ландшафтно-геохимические исследования. Этот этап включает также планировку, формирование откосов, строительство дорог, гидротехнических и других сооружений.

На биологическом этапе осуществляются работы по восстановлению нарушенных земель.

Территории полигонов используют в сельском и лесном хозяйстве, в строительстве. Жилищное строительство может быть допущено на территории полигона только после проведения соответствующих санитарно-бактериологических исследований.

4.4. Задание студенту

1. Принять согласно П7 исходные данные варианта (значения величин γ , c , φ , η , m_1 , \bar{h} и N).
2. Выполнить расчет по определению вместимости полигона, объемов отходов и грунта изоляционных слоев.
3. Определить объемы биогаза, выделяющегося при деструкции органики в складываемой массе.
4. Рассчитать объемы фильтратных стоков и массы содержащихся в них загрязняющих веществ.
5. Оценить влияние полигона ТБО на ОС.

Литература по теме

1. Бартоломей, А. А. Основы проектирования и строительства хранилищ отходов: учебное пособие для студентов строительных специальностей / А. А. Бартоломей, Х. Брандл, А. Б. Пономарев. – Пермь : Пермский ГТУ, 2000. – 196 с.
2. Обезвреживание фильтрата полигонов захоронения ТБО / Н. Е. Николайкина [и др.] // Экология и промышленность России. – 2003. – №1. – С. 4–5.
3. Рисайклинг как ключевой элемент современной системы сбора и переработки ТБО / И. И. Павлинова [и др.] // Экология и жизнь : сб. ст. VIII Междунар. конф. – Пенза, 2005. – С. 74–76.

ПРИЛОЖЕНИЯ

III

Среднегодовые концентрации ЗВ
в атмосфере городов Беларуси (мг/м³)

Брест

Год Контролируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	–	0,105	0,105	0,04	0,033	0,03	0,027	
Двуокись серы	0,065	0,1	0,04	0,08	0,0014	0,0013	0,004	
Окись углерода	–	0,9	0,9	1,14	1,26	0,85	0,51	
Двуокись азота	0,06	0,04	0,02	0,019	0,007	0,009	0,024	
Формальдегид	–	–	0,009	0,0084	0,0082	0,0084	0,0115	
Бенз(а)пирен	–	$1,10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	–	–	–	–	

* данные будут опубликованы в экологическом бюллетене

Полоцк

Год Контролируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	0,105	0,105	0,105	0,105	0,123	0,1	0,015	
Двуокись серы	0,07	0,1	0,04	0,006	0,006	0,002	0,0025	
Окись углерода	–	0,9	2,1	0,39	0,57	0,8	1,94	
Двуокись азота	0,072	0,02	0,052	0,03	0,014	0,016	0,047	
Сероводород	0,0128	–	0,0008	0,01	0,008	0,01	0,013	
Фенол	–	0,005	0,0021	0,00099	0,0007	0,0008	0,0005	
Аммиак	–	0,112	0,072	0,02	0,0168	0,02	0,02	
Формальдегид	–	0,0159	0,0078	0,0080	0,007	0,009	0,007	
Бенз(а)пирен	–	$0,4 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	–	–	–	–	

Бобруйск

Год Контролируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	–	0,105	0,105	0,09	0,06	0,06	0,015	
Двуокись серы	–	0,04	0,03	0,005	0,0002	0,0006	0,0005	
Окись углерода	–	0,9	0,9	2,4	0,84	0,7	0,712	
Двуокись азота	–	0,012	0,032	0,021	0,008	0,008	0,034	
Фенол	–	0,003	0,0018	0,0014	0,0018	0,02	0,019	
Формальдегид	–	–	0,0108	0,0084	0,005	0,009	0,0053	
Бенз(а)пирен	–	–	–	–	–	–	–	

Могилев

Год Контролируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	0,105	0,105	0,105	0,075	0,033	0,03	0,037	
Двуокись серы	0,06	0,06	0,06	0,003	0,00075	0,0005	0,001	
Окись углерода	–	2,1	0,9	1,59	1,17	0,8	0,879	
Двуокись азота	0,032	0,061	0,052	0,045	0,31	0,03	0,052	
Окись азота	–	0,018	0,0724	0,019	0,04	0,03	0,03	
Сероводород	–	0,004	0,0024	0,007	0,0095	0,0055	0,008	
Сероуглерод	–	0,0090	0,0020	0,005	0,004	0,005	–	
Фенол	–	0,0039	0,0039	0,0042	0,003	0,003	0,002	
Метиловый спирт	–	0,3	0,1	0,1	0,065	0,065	–	
Бенз(а)пирен	–	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	–	–	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,7 \cdot 10^{-5}$	
Формальдегид	–	–	–	0,0177	0,005	0,005	0,0082	
Аммиак	–	–	–	–	0,03	0,03	0,027	

Витебск

Год Контролируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	0,105	0,105	0,195	0,1	0,113	0,1	0,12	
Двуокись серы	0,15	0,09	0,06	0,01	0,0014	0,001	0,001	
Двуокись азота	0,092	0,032	0,032	0,0292	0,0092	0,01	0,032	
Окись углерода	–	0,9	0,9	1,41	1,17	0,9	0,757	
Фенол	–	0,0021	0,003	0,0016	0,002	0,002	0,0012	
Формальдегид	–	0,015	0,0099	0,01	0,0065	0,008	0,013	
Бенз(а)пирен	–	$5 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	–	–	–	–	
Аммиак	–	–	–	0,029	0,012	0,03	0,023	

Гомель

Год Контролируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	0,105	0,105	0,105	0,0795	–	0,05	0,052	
Двуокись серы	0,09	0,1	0,06	0,009	0,0012	0,0018	0,0075	
Окись углерода	0,9	0,9	0,9	0,39	0,51	0,5	0,5	
Двуокись азота	0,032	0,06	0,02	0,023	0,0032	0,008	0,002	
Фенол	–	0,009	0,0039	0,003	0,0015	0,0032	0,0011	
Аммиак	–	0,12	0,072	0,024	0,011	0,02	0,02	
Формальдегид	–	–	0,0081	0,0081	0,0062	0,015	0,008	
Бенз(а)пирен	–	$0,6 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	–	–	–	–	

Орша

Год Контролируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	–	0,3	0,195	0,191	0,092	0,02	0,015	
Двуокись серы	0,06	0,1	0,1	0,014	0,004	0,002	0,001	
Окись углерода	–	2,1	2,1	1,71	2,0	1,6	0,78	
Двуокись азота	0,04	0,052	0,06	0,034	0,0136	0,012	0,025	
Бенз(а)пирен	–	$0,3 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-5}$	–	–	–	–	
Формальдегид	–	–	–	0,0042	0,0074	0,008	0,002	

Минск

Год Контролируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	0,21	0,195	0,105	0,03	0,018	0,02	0,015	
Двуокись серы	0,06	0,03	0,02	0,001	$\frac{0,000}{5}$	0,001	0,001	
Окись углерода	1,8	0,9	0,9	0,9	1,14	0,8	0,414	
Двуокись азота	0,032	0,02	0,032	0,048	0,015	0,014	0,034	
Фенол	–	0,003	0,0009	0,00081	$\frac{0,000}{3}$	0,0002	0,0005	
Хлористый водород	–	0,04	0,02	–	–	–	–	
Аммиак	–	0,08	0,052	0,048	0,047	0,04	0,025	
Формальдегид	–	0,006	0,0039	0,00399	0,004	0,006	0,007	
Бенз(а)пирен	–	$0,6 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	–	–	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	

Новополоцк

Год Контролируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	0,09	0,105	0,105	0,1	0,082	0,05	0,015	
Двуокись серы	0,09	0,05	0,03	0,005	0,0005	0,001	0,0018	
Двуокись азота	0,032	0,02	0,032	0,03	0,01	0,01	0,04	
Сероводород	0,0136	0,0105	0,0008	0,01	0,008	0,0085	0,0012	
Фенол	–	0,0051	0,0009	0,00099	0,0006	0,0008	0,0006	
Аммиак	–	0,08	0,06	0,01	0,006	0,004	0,005	
Бенз(а)пирен	–	$0,4 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$	–	–	–	–	
Окись углерода	0,9	0,9	0,9	0,99	0,51	0,6	1,5	
Формальдегид	–	–	–	0,008	0,0075	0,01	0,007	

Пинск

Год Контролируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	–	0,105	0,105	0,06	0,16	0,12	0,05	
Двуокись серы	–	0,06	0,07	0,009	0,00045	0,0005	0,0005	
Окись углерода	–	0,9	0,9	0,9	0,66	0,5	0,49	
Двуокись азота	–	0,02	0,02	0,032	0,0096	0,006	0,0018	
Формальдегид	–	–	–	0,0034	0,00099	0,006	0,0011	

Светлогорск

Год Контро- лируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	–	0,105	0,105	0,06	0,085	0,07	0,06	
Двуокись серы	0,03	0,01	0,01	0,002	0,0005	0,0006	0,0006	
Окись углерода	–	0,9	0,9	0,6	0,54	0,9	0,955	
Двуокись азота	0,012	0,02	0,02	0,02	0,0052	0,009	0,039	
Сероводород	0,008	0,0048	0,0008	0,002	–	–	–	
Сероуглерод	0,02	0,008	0,006	0,0024	0,0092	0,002	–	
Формальдегид	–	–	–	–	0,006	0,007	0,0082	

Гродно

Год Контро- лируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	0,105	0,105	0,105	0,075	0,147	0,101	0,04	
Двуокись серы	0,13	0,1	0,1	0,003	0,0005	0,0006	0,0002	
Окись углерода	0,9	0,9	0,9	0,6	0,42	1,1	0,6	
Двуокись азота	0,032	0,04	0,032	0,024	0,0116	0,01	0,03	
Бенз(а)пирен	–	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$0,6 \cdot 10^{-5}$	–	–	–	–	
Аммиак	–	–	–	0,056	0,017	0,015	0,014	
Формальдегид	–	–	–	–	0,008	0,009	0,0055	

Мозырь

Год Контро- лируемое вещество	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015*
Пыль	–	–	–	–	0,196	0,06	–	
Двуокись серы	–	–	–	–	0,0022	0,002	–	
Окись углерода	–	–	–	–	0,6	0,4	0,43	
Двуокись азота	–	–	–	–	0,008	0,0065	0,023	
Формальдегид	–	–	–	–	0,0075	0,009	–	

ПДК Вредных веществ в атмосферном воздухе
населенных мест

Вещество	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	
		ПДК _{МР}	ПДК _{СС}
Бенз(а)пирен	1	–	10 ⁻⁵
Хром шестивалентный	1	0,015	0,0015
Свинец и его соединения	1	–	0,0003
Ртуть металлическая	1	–	0,0003
Двуокись азота	2	0,085	0,04
Хлороводород	2	0,2	0,2
Сероводород	2	0,008	0,008
Сероуглерод	2	0,03	0,005
Серная кислота	2	0,3	0,1
Формальдегид	2	0,035	0,003
Цианистый водород	2	0,2	0,2
Диметилловый эфир	2	0,05	0,01
Медь	2	–	0,002
Никель	2	–	0,001
Фенол	2	0,01	0,003
Пыль	3	0,5	0,15
Спирт метиловый	3	1,0	0,5
Двуокись серы	3	0,5	0,05
Динил	3	0,01	0,01
Окись азота	3	0,4	0,06
Ксилол	3	0,2	0,2
Уксусная кислота	3	0,2	0,06
Цинк	3	–	0,05
Сажа	3	0,15	0,05
Окись углерода	4	5,0	3,0
Аммиак	3	0,2	0,04
Хлор	2	0,1	0,03

Перечень веществ, обладающих эффектом суммации

1. Ацетон, акролеин, фталевый ангидрид.
2. Ацетон, фенол.
3. Ацетон и ацетофенон.
4. Ацетон, фурфурол, формальдегид и фенол.
5. Ацетальдегид и винилацетат.
6. Аэрозоли – оксид ванадия и оксид марганца.
7. Аэрозоли – оксид ванадия и оксид серы.
8. Аэрозоли – оксид ванадия и оксид хрома.
9. Бензол и ацетофенон.
10. Валериановая, капроновая и масляная кислоты.
11. Вольфрамовый и сернистый ангидрид.
12. Гексахлоран и фазолон.
13. 2,3-дихлор, 1,4-нафтахинон.
14. 1,2-дихлорпропан, 1,2,3-трихлорпропан и тетрахлорэтилен.
15. Изопропилбензол и гидроперекись изопропилбензола.
16. Изобутилкарбинол и диметилвинилкарбинол.
17. Метилгидропиран и метилентетрагидропиран.
18. Триоксид димышьяка и ацетат свинца.
19. Триоксид димышьяка и германий.
20. Озон, диоксид азота и формальдегид.
21. Оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, гексан.
22. Диоксид серы и никель металлический.
23. Диоксид серы и сероводород.
24. Диоксид серы и диоксид азота.
25. Диоксид серы, оксид углерода, фенол и пыль конверторного производства.
26. Диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота и фенол.
27. Диоксид серы и фенол.
28. Диоксид серы и фтороводород.
29. Оксид и диоксид серы, аммиак и оксид азота.
30. Сероводород и динил.
31. Сильные минеральные кислоты (серная, соляная и азотная).
32. Оксид углерода оксид и пыль цементного производства.
33. Уксусная кислота и уксусный альдегид.
34. Фенол и ацетофенон.
35. Фурфурол, метиловый и этиловый спирты.
36. Циклогексан и бензол.
37. Этилен, пропилен, бутилен и амилен.

Источники загрязнения воздуха:

- 1) автотранспорт (окись углерода, углеводороды, двуокись азота, сажа, сернистый газ, свинец, бенз(а)пирен, формальдегид);
- 2) ТЭЦ (окислы серы, окислы азота, сажа, твердые частицы);
- 3) промышленные предприятия:
 - черная металлургия (пыль, окись углерода, окислы азота, окислы серы, фенол, формальдегид);
 - промышленность строительных материалов (пыль, окись углерода, окислы азота, окислы серы, фенол);
 - нефтеперерабатывающая промышленность (углеводороды, соединения серы, угарный газ (СО), сероводород);
 - химическая промышленность (сероуглерод, сероводород, меркаптаны (дурнопахнущие органические вещества), окислы азота, соединения фтора, фосфора, аммиак);
 - литейное производство (окись углерода, окислы азота, фенол, формальдегид);
 - гальваническое производство (аэрозоли кислот, щелочей, цианистые соединения);
 - лакокрасочное производство (ацетон и другие растворители).

Параметры выброса нагретой газовой смеси

№ варианта	M_{SO_2} , мг/с	M_{NO_x} , мг/с	$M_{зола}$, мг/с	H, м	D, м	U_0 , м/с	T_0 , °C	T_a , °C	Степень очистки, %	Характеристика ветра
1	6,0	5,9	63	28	1,0	12,0	160	20	90	Тихий
2	8,0	5,2	42	30	1,4	8,0	125	12	75	Очень крепкий
3	10,0	3,8	14,5	25	1,0	12,5	100	19	76	Легкий
4	30,0	4,2	69,3	28	1,5	15	80	15	78	Слабый
5	25,0	1,5	15	18	0,7	16	90	10	77	Крепкий
6	15	4,3	14,2	15	0,8	21	130	-5	74	Свежий
7	12	4,2	17	28	1,0	12	160	20	70	Сильный
8	15	7,8	19,2	32	1,5	9	125	25	80	Умеренный
9	42,0	6,2	14,1	20	1,2	10	135	-15	85	Тихий
10	19,5	4,3	26,5	24	1,5	14	215	25	89	Умеренный
11	18	2,0	34,5	25	1,7	10	220	20	84	Легкий
12	7	2,2	44,5	30	1,5	9	180	30	79	Сильный
13	15,4	2	18,9	23	1,2	14	175	-5	80	Очень крепкий
14	16	2,8	14,1	18	1,0	6	170	0	85	Свежий
15	8,0	3,5	27,5	19	1,0	11	200	12	90	Крепкий
16	21	6,6	34,8	35	1,5	19	210	14	92	Легкий
17	32	7,4	52,1	30	1,5	14	190	-20	91	Слабый
18	29	4,2	58,4	40	2,0	9	145	19	89	Тихий
19	15	5,6	62,1	38	1,8	8	140	15	85	Сильный
20	14	9,8	63,2	24	1,5	10	155	-5	75	Умеренный
21	13	5,4	50,0	19	1,0	13	180	-10	76	Очень крепкий
22	8	3,2	42,2	20	1,0	12	165	18	80	Свежий
23	7	6,4	24,0	30	1,4	15	160	20	77	Крепкий

Примечание: T_0 – температура выброса; T_a – температура атмосферного воздуха.

Баллы шкалы Бофорта и действие ветра

Баллы Бофорта	Скорость ветра U_m , м/с	Характеристика ветра	Действие ветра
0	0	Штиль	Отсутствие ветра. Дым из труб поднимается отвесно
1	0,9	Тихий	Дым из труб поднимается не совсем отвесно
2	2,4	Легкий	Движение ветра ощущается лицом. Шелестят листья
3	4,4	Слабый	Колеблются листья и мелкие сучья. Развеваются легкие флаги
4	6,7	Умеренный	Колеблются тонкие ветки деревьев. Ветер поднимает пыль и клочки бумаги
5	9,3	Свежий	Колеблются большие сучья. На воде появляются волны
6	12,3	Сильный	Колеблются большие ветки. Гудят телефонные провода
7	15,6	Крепкий	Качаются стволы небольших деревьев. На море поднимаются пенящиеся волны
8	18,9	Очень крепкий	Ломаются ветки деревьев. Трудно идти против ветра
9	22,6	Шторм	Небольшие разрушения. Срываются дымовые трубы и черепица
10	26,4	Сильный шторм	Значительные разрушения. Деревья вырываются с корнем
11	30,5	Жесткий шторм	Большие разрушения
12	34,8		
13	39,2		
14	43,8		
15	48,6	Ураган	Опустошительные разрушения
16	53,5		
17	58,6		

Варианты заданий для проектирования полигона ТБО

№ варианта	Кол-во жителей, тыс. чел.	Наименование грунта основания	Собственный вес грунта γ , кН/м ³	Удельное сцепление грунта c , кПа	Угол внутреннего трения φ , градусы	Кэф. устойчивости откоса η	Заложение откосов чаши 1: m_1	Региональная норма осадков h , м/год	Число контейнеров в сутки N
1	50	Песок	16	1,7	24	1,5	1:1	0,52	150
2	60	Супесь	25	18	24	3,0	1:1,5	0,498	160
3	70	Суглинок	35	27	15	3,3	1:2,5	0,5	155
4	90	Песок	19	0,6	30	1,5	1:1	0,55	180
5	100	Супесь	25	7	28	2,6	1:1,75	0,62	200
6	110	Суглинок	20	10	19	2,0	1:2,25	0,633	220
7	100	Глина	26,2	28	14	3,0	1:2,5	0,61	230
8	250	Супесь	27,2	17	25	2,6	1:1,25	0,62	300
9	270	Суглинок	30	20	14	2,8	1:2,75	0,6	350
10	280	Глина	30	30	9	3,9	1:3	0,58	320
11	300	Песок	16	1,5	38	2,2	1:1	0,6	310
12	350	Супесь	22	15	23	3,7	1:2	0,498	350
13	400	Глина	29	30	11	3,6	1:2,5	0,54	400
14	450	Глина	30	28	6,5	3,4	1:3	0,64	420
15	500	Супесь	25	11	5	1,96	1:2,5	0,630	450
16	500	Суглинок	21	38	25	1,7	1:2,75	0,54	450
17	750	Глина	22	41	25	2,8	1:3	0,62	500
18	750	Песок	10	1,6	39	0,5	1:1	0,65	520
19	50	Песок	16	1,7	35	2,0	1:1	0,52	150
20	60	Супесь	30	12	17	2,1	1:1,5	0,498	160
21	70	Суглинок	30	20	15	3,0	1:2,5	0,5	155
22	90	Песок	17	2	30	1,8	1:1	0,55	180
23	100	Супесь	18,5	7	28	2,5	1:1,75	0,62	200
24	110	Суглинок	20	15	10	2,7	1:2,25	0,633	220
25	100	Глина	30	30	14	3,8	1:2,5	0,61	230
26	250	Супесь	25	15	25	3,1	1:1,25	0,62	300
27	270	Суглинок	22	20	14	3,6	1:2,75	0,6	350
28	280	Глина	25	23	9	3,5	1:3	0,58	320

Учебное издание

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

Практикум для студентов специальностей
1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»,
1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью»,
1-70 03 01 «Автомобильные дороги», 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели
и метрополитены», 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные,
строительные, дорожные машины и оборудование»,
1-70 01 01 «Производство строительных изделий и конструкций»

Составители:

БАРАНОВ Николай Николаевич
ЛЕНКЕВИЧ Регина Иосифовна
ЕРОХИНА Юлия Александровна

Редактор *А. Е. Дарвина*
Компьютерная верстка *Ю. С. Кругловой*

Подписано в печать 15.10.2016. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 2,96. Уч.-изд. л. 2,32. Тираж 200. Заказ 416.

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.