

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**КАФЕДРА ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторным работам по дисциплине  
**«Оценка воздействия на окружающую среду»**  
для студентов специальности  
**1 – 33 01 07 «Природоохранная деятельность»**

Брест 2021

## УДК 504.05

Методические указания разработаны в соответствии с программой дисциплины «Оценка воздействия на окружающую среду» и содержит задания лабораторных работ и методику их выполнения.

Дается рекомендательный список необходимой в работе литературы и нормативно-правового материала.

Составители: Н. Н. Шпендик, к. г. н., доцент  
О. Н. Черняк, ст. преп.

Рецензент: О. И. Грядунова, к. г. н., доцент, заведующая кафедрой географии и природопользования учреждения образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина»

## **ВВЕДЕНИЕ**

Настоящие методические указания предназначены для студентов специальности 1 – 33 01 07 «Природоохранная деятельность», изучающих курс «Оценка воздействия на окружающую среду».

Лабораторные работы являются важным этапом учебного процесса, так как они помогают закрепить и углубить теоретические знания, приобрести навыки в решении многих практических вопросов.

Лабораторные работы должны выполняться в постоянной увязке с теоретическими положениями изучаемого курса.

Тематика лабораторных работ отражает современные подходы к оценке качества атмосферного воздуха и водных объектов на основе различного рода обобщающих и интегральных показателей. В методических указаниях изложены вопросы: негативного влияния работы автомобильного транспорта и промышленных предприятий на качество атмосферного воздуха; допустимых сбросов и допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах промышленных предприятий; акустического загрязнения производственной среды и территории жилой застройки, а также расчета требуемого уровня снижения шума; определение размеров платежей за выбросы загрязняющих веществ.

## Лабораторная работа № 1

### Определение количества загрязнений окружающей среды вследствие работы автомобильного транспорта

**Цель работы:** определить количество загрязнений окружающей среды вследствие работы автотранспорта на заданном участке автомобильной дороги.

#### Теоретическая часть

Автомобильный транспорт – основной загрязнитель окружающей среды. В сравнении с другими видами транспорта автомобильный более агрессивен. По мере роста количества автомобилей уровень влияния вредного воздействия возрастает. Оно проявляется в загрязнении атмосферы токсичными компонентами отработавших газов, шуме, вибрациях, электромагнитных излучениях, засолении водоемов и подпочвенных вод, нарушении экологического равновесия при эксплуатации автомобильных дорог и т. д.

Доля автомобильного транспорта в структуре выбросов загрязняющих веществ составляет 83 % от общего объема. Источниками токсичных веществ, выделяемых автомобильным транспортом, выступают отработавшие газы, картерные газы и топливные испарения. Наибольшая доля загрязнений приходится на отработавшие газы двигателей внутреннего сгорания, состав которых сложный и включает более 200 компонентов.

В результате работы двигателей внутреннего сгорания образуются диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), оксид углерода ( $\text{CO}$ ), диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), окислы азота ( $\text{NO}_x$ ), летучие углеводороды (ЛОС) и твердые частицы (например, бенз-пирен) и др.

#### Практическая часть

Для исследования выбран участок автотрассы длиной ( $L$ ) 0,8 км.

Определено число единиц автотранспорта, проходящего по участку в течение 30 минут. Результаты отражены в таблице 1.1.

При выполнении работы необходимо определить:

1) количество единиц автомобильного транспорта за час ( $N_i$ );

2) общий путь единицы автомобильного транспорта за час ( $L_j$ , км) на заданном участке:

$$L_j = N_j \cdot L ; \quad (1.1)$$

3) количество топлива ( $Q_j$ , л) разного вида, сжигаемого двигателями автомобильного транспорта:

$$Q_j = L_j \cdot Y_j , \quad (1.2)$$

где

$Y_j$  – расход топлива на 1 км, величины которого для каждого вида автомобильного транспорта указаны в таблице 1.2;

4) объем выделившихся вредных веществ в литрах при нормальных условиях по каждому виду топлива ( $K \cdot Q$ ). Значения эмпирических коэффициентов ( $K$ ), определяющих выброс вредных веществ от автомобильного транспорта в зависимости от вида горючего, приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.1 – Количество автомобильного транспорта

Вариант	Количество транспорта за 30 минут			
	легковые автомобили	грузовые автомобили	общественный транспорт	маршрутные такси
1	321	33	38	34
2	290	12	49	30
3	408	18	34	15
4	357	18	25	20
5	300	16	26	26
6	378	4	18	29
7	289	5	40	32
8	431	10	22	18
9	288	22	26	16
10	210	20	37	19
11	508	14	16	36
12	468	21	22	30
13	377	15	38	13
14	289	16	30	29
15	410	12	28	42
16	355	27	22	15
17	468	29	14	10
18	303	20	17	19
19	285	13	22	31
20	401	7	29	35
21	380	20	24	17
22	287	33	36	30
23	411	26	18	21
24	345	19	21	28

Таблица 1.2 – Удельный расход топлива

Вид автотранспорта	Удельный расход топлива ( $Y_j$ ), л на 1 км	
	дизельное топливо	бензин
Легковые автомобили	0,11	0,13
Грузовые автомобили	0,34	–
Общественный транспорт	0,41	0,44
Маршрутные такси	0,15	–

**Примечание:** 1. При расчёте количества сжигаемого топлива считать, что  $\frac{2}{3}$  легковых автомобилей в качестве топлива используют бензин и  $\frac{1}{3}$  – дизельное топливо. 2. Общественный транспорт (автобусы, троллейбусы) – соотношение их долей одинаково.

Таблица 1.3 – Значение коэффициента ( $K$ )

Вид топлива	Значение коэффициента ( $K$ )		
	угарный газ	углеводороды	диоксид азота
Бензин	0,6	0,1	0,04
Дизельное топливо	0,1	0,03	0,04

Объем каждого вида вредного вещества при сгорании горючего топлива (бензина, дизельного топлива) расписать, а результаты расчета свести в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Объем выделившихся вредных веществ

Вид топлива	Объем выделившихся вредных веществ, л		
	угарный газ	углеводороды	диоксид азота
Бензин			
Дизельное топливо			
<b>Всего (V):</b>			

5) массу выделившихся вредных веществ (m, г):

$$m = \frac{V \cdot M}{22,4}, \quad (1.3)$$

где

M – молекулярная масса: (угарный газ ( $CO = 12 + 16$ ), углеводород ( $C_6H_6 = 12 \cdot 6 + 1 \cdot 6$ ), диоксид азота ( $NO_2 = 14 + 16 \cdot 2$ ));

V – объем, л.

Расчеты расписать, а результаты свести в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Результаты расчетов

Вид вредного вещества	Количество (объем), л	Масса, г	Объем воздуха для разбавления, м <sup>3</sup>	Значение ПДК, мг/м <sup>3</sup>
угарный газ				3,0
углеводороды				0,1
диоксид азота				0,04
<b>Всего:</b>	–	–		–

6) количество чистого воздуха, необходимое для разбавления выделившихся вредных веществ для обеспечения санитарно-допустимых условий окружающей среды:

$$V = \frac{m \cdot 1000}{ПДК}, \quad (1.4)$$

где

ПДК – предельно-допустимая концентрация, мг/м<sup>3</sup>.

Расчеты расписать по каждому виду вредного вещества, а результаты отобразить в таблице 1.5;

7) доступное количество воздуха для разбавления выделившихся вредных веществ ( $V_d$ , м<sup>3</sup>). Необходимо учитывать собственный рост человека (условно обозначим (h, м)), ширину дороги (B, м) (например, по четыре полосы в каждом направлении шириной по три метра –  $4 \cdot 3 + 4 \cdot 3 = 24$  м), протяженность исследуемого участка (L, м) (например, 800 м):

$$V_d = h \cdot B \cdot L. \quad (1.5)$$

По итогу работы сделать заключение о достаточности (недостаточности) чистого воздуха для разбавления вредных веществ, выделяющихся при работе двигателей автомобильного транспорта. Учитывая близость автомобильной дороги к жилым и общественным зданиям, сделать вывод – является ли район экологически вредным либо чистым.

## Лабораторная работа № 2

### Определение уровня выбросов вредных веществ в атмосферу

**Цель работы:** для промышленного предприятия, расположенного на ровной местности необходимо определить: 1) величину максимальной концентрации вредного вещества у земной поверхности, прилегающей к предприятию, при выбросе из трубы, нагретой газовой воздушной смеси; 2) расстояние от источника выброса, на котором достигается величина максимальной приземной концентрации вредных веществ; 3) концентрацию вредного вещества у поверхности земли с учетом фоновое загрязнения воздуха и дать оценку рассчитанного уровня загрязнения воздуха в приземном слое промышленными выбросами; 4) опасную скорость ветра; 5) значения приземных концентраций вредных веществ в атмосфере на расстояниях 50 м и 500 м от источника выброса; 6) предельно допустимый выброс вредного вещества.

### Теоретическая часть

Промышленные предприятия загрязняют атмосферу вследствие:

- 1) неполного выхода продукта либо особенностей протекания реакций, исключающих возможность 100 % использования исходных продуктов, а также в результате потерь конечного продукта;
- 2) выброса в атмосферу примесей и загрязнений, содержащихся в сырье (HF, SiF<sub>4</sub> из природных фосфатов);
- 3) потери веществ, используемых в производственных процессах;
- 4) попадания различных веществ в атмосферный воздух в результате процессов окисления, нагревания и сушки.

Уровень приземной концентрации определяется величиной выброса. Ввиду этого необходима информация о количественной характеристике каждого компонента выброса. Чем больше величина выброса в единицу времени, тем больше загрязняющих веществ поступает в воздушный поток. Вследствие этого в воздушном потоке создается более высокая концентрация загрязнений. За единицы измерения величины выбросов приняты – мг/м<sup>3</sup>, кг/сут, т/год.

Выделяют первичные и вторичные промышленные выбросы в атмосферу. Под первичными понимают выбросы, попадающие в воздушную среду от тех или иных источников; вторичными – продукты образования первичных, более токсичных и опасных.

Газовые выбросы в атмосферу классифицируют по следующим признакам:

1. Организации контроля и отвода: организованные и неорганизованные. Организованные – выбросы, поступающие в атмосферу через специально сооруженные газоходы и трубы (хвостовые газы, абгазы, газы аспирационных и вентиляционных систем). На основании информации об организованных выбросах можно рассчитать загрязнение воздуха и спрогнозировать возможное загрязнение в будущем.

Под хвостовыми газами понимают газы, образующиеся в конечной стадии производственного процесса и характеризующиеся высокими концентрациями и абсолютной массой загрязняющих веществ. В атмосферу выбросы поступают через трубу (дымовые газы котельных и электростанций).

Образование абгазов происходит на промежуточных стадиях производственного процесса (химическая, нефтехимическая, нефтеперерабатывающая промышленности). Их удаление осуществляют специальными абгазовыми линиями с целью сброса газов для выравнивания давления в различных замкнутых аппаратах. Характеризуются периодичностью выброса, небольшим объемом при относительно высоких концентрациях загрязняющих веществ.

Образование газов аспирационных систем связано с работой местной вентиляции. Для них характерны огромные объемы и малые концентрации загрязняющих веществ.

Неорганизованные – выбросы, поступающие в атмосферу в виде самопроизвольных ненаправленных газовых потоков, образующихся в результате неисправности технологического оборудования, при нарушении его герметичности, отсутствия или неудовлетворительной работы специальных аппаратов очистки по улавливанию газов или при выполнении наружных работ. Они плохо поддаются количественному учету.

2. Режиму отвода: непрерывные и периодические.

3. Температуре: когда температура газового потока выше, ниже или равна температуре окружающей среды.

4. Локализации: выбросы происходят в основном или вспомогательном производствах.

5. Признакам очистки: чистые, нормативно очищенные, выбрасываемые без очистки. Очистка – отделение, улавливание и превращение в безвредное состояние загрязняющего вещества, поступающего от промышленного источника.

Присутствие в атмосфере тех или иных выбросов выражается в физическом, химическом и др. воздействиях на человека и окружающую среду, а также и служит основным параметром при нормировании содержания примесей в атмосфере.

Соблюдение предельно-допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в газовых выбросах обеспечивают созданием процессов на основе малоотходной и безотходной технологий.

### **Практическая часть**

1. Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества ( $C_m$ , мг/м<sup>3</sup>), при выбросе нагретой газовой воздушной смеси из одиночного источника

при неблагоприятных метеорологических условиях:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot \Delta T}}, \quad (2.1)$$

где

- A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе (A = 140);
- F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе (F = 1);
- η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (для ровной местности – 1);
- m, n – безразмерные коэффициенты.

Для определения (C<sub>m</sub>) необходимо:

а) рассчитать среднюю линейную скорость (ω<sub>0</sub>, м/с), выхода газовой смеси из устья источника выброса:

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}. \quad (2.2)$$

Таблица 2.1 – Варианты для выполнения задания

Исходные данные	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фоновая концентрация вредного вещества в приземном воздухе С <sub>ф</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,02	0,9	0,01	0,01	0,01	1,5	0,01	0,01	0,03	0,6
Масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, М, г/с	0,8	7,6	0,4	0,2	0,7	7,5	0,3	0,7	0,9	7,6
Объем газовой смеси, выбрасываемой из трубы, Q, м <sup>3</sup> /с	2,4	2,7	3,1	3,3	2,9	2,4	2,8	2,9	3,2	2,4
Разность между температурой выбрасываемой смеси и температурой окружающего воздуха ΔT, °C	12	14	16	18	13	15	17	12	16	14
Высота трубы Н, м	21	23	25	22	24	21	23	24	25	21
Диаметр устья трубы D, м	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	1,0
Выбрасываемые вредные вещества	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2

**Примечание:** В таблице цифрами обозначены выбрасываемые вещества: 1 – оксид азота (NO); 2 – оксид углерода (CO); 3 – диоксид азота (NO<sub>2</sub>); 4 – диоксид серы (SO<sub>2</sub>)

б) значения коэффициентов (m) и (n) определить в зависимости от параметров (f) и (v<sub>м</sub>):

$$f = 1000 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (2.3)$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q \cdot \Delta T}{H}}; \quad (2.4)$$

в) коэффициент (m) определить в зависимости от (f) по формуле:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}; \quad (2.5)$$

г) коэффициенты (n) и (d) определить в зависимости от величины (v<sub>м</sub>):

при $v_m \geq 2$	$n = 1$	$d = 7 \cdot \sqrt{v_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}),$
при $0,5 \leq v_m < 2$	$n = 0,532 \cdot v_m^2 - 2,13 \cdot v_m + 3,13$	$d = 4,95 \cdot v_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}),$
при $v_m < 0,5$	$n = 4,4 \cdot v_m$	$d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}).$

2. При неблагоприятных метеорологических условиях максимальная приземная концентрация вредных веществ достигается на расстоянии от источника выброса:

$$X_M = \frac{(5 - F) \cdot d \cdot H}{4}. \quad (2.6)$$

Вышеприведенные формулы для расчета (C<sub>м</sub>) и (X<sub>м</sub>) справедливы при опасной скорости ветра:

$$u_m = 0,5 \text{ м/с}, \text{ если } v_m \leq 0,5,$$

$$u_m = v_m, \text{ если } 0,5 < v_m \leq 2,$$

$$u_m = v_m \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f}) \text{ для нагретых выбросов при } v_m > 2.$$

3. Значения приземных концентраций вредных веществ (C<sub>х</sub>) в атмосфере на различных расстояниях от источника выброса при опасной скорости ветра:

$$C_x = S_1 \cdot C_m, \quad (2.7)$$

где

S<sub>1</sub> – безразмерная величина, определяемая в зависимости от соотношения X/X<sub>м</sub>;

$$\begin{aligned} \text{при } X/X_M \leq 1 & \quad S_1 = 3 \cdot (X/X_M)^4 - 8 \cdot (X/X_M)^3 + 6 \cdot (X/X_M)^2, \\ \text{при} & \\ 1 \leq X/X_M \leq 8 & \quad S_1 = 1,13 / (0,13 \cdot (X/X_M)^2 + 1). \end{aligned}$$

4. Расчет предельно допустимого выброса нагретого вредного вещества (ПДВ):

$$ПДВ = (ПДК_{cc} - C_{\phi}) \cdot \frac{H^2 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}, \text{ г/с.} \quad (2.8)$$

Таблица 2.2 – Предельно допустимая концентрация вредного вещества

Наименование вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	
		максимальная разовая	среднесуточная
Азота оксид NO	3	0,6	0,06
Углерода оксид CO	4	5,0	3,0
Азота диоксид NO <sub>2</sub>	2	0,085	0,04
Серы диоксид SO <sub>2</sub>	3	0,5	0,05

### Лабораторная работа № 3

#### Определение необходимой площади зеленых насаждений для воспроизводства кислорода в городе

**Цель работы:** произвести расчет площади древесно-кустарниковой растительности для воспроизводства кислорода, необходимого для дыхания человека и работы автотранспорта в городах.

#### Теоретическая часть

Под зелеными насаждениями понимают совокупность древесных, кустарниковых и травянистых растений на определённой территории. В городах они выполняют ряд функций, обеспечивая санитарно-гигиенические и декоративно-планировочные функции.

К санитарно-гигиеническим функциям относятся:

1. снижение запыленности воздуха. Зеленые насаждения очищают городской воздух от пыли и газов, а именно: загрязненный воздушный поток, встречающий на своем пути зеленые насаждения, замедляет скорость, в результате чего под влиянием силы тяжести 60–70 % пыли, содержащейся в воздухе, оседает на деревья и кустарники. Во время дождя пыль смывается на землю. Распространению или движению пыли также препятствуют газоны, задерживающие поступательное ее движение, перегоняемое ветром из разных мест. Среди зеленых насаждений запыленность воздуха в 2–3 раза меньше, чем на открытых городских территориях. Древесные насаждения уменьшают запыленность воздуха даже при отсутствии лиственного покрова. Пылезадерживающие свойства древесно-кустарниковой растительности неодинаковы и зависят от морфологических особенностей листьев пород. Так шершавые листья

и листья, поверхность которых покрыта ворсинками (сирень), лучше всего задерживают пыль. Пыль, осевшая на листьях, периодически смывается дождем, сдувается ветром, и листья вновь способны задерживать пыль. Допустим, количество пыли, задерживаемой 1 см<sup>2</sup> поверхности листа тополя, – 1. Для клена остролистного количество пыли, удерживаемой таким же по площади листом, составит 2, сирени – 3, вяза – 6. За летний период на листовой поверхности одного взрослого дерева осаждаются пыли: тополь – до 34 кг, сирень – до 0,6 кг, ясень – до 27 кг, ива – до 38 кг, клен – до 33 кг, акация белая – до 0,2 кг.

2. снижение загазованности атмосферного воздуха. Зеленые насаждения уменьшают вредную концентрацию находящихся в воздухе газов. В качестве примера: концентрация окислов азота, выбрасываемых промышленными предприятиями, снижается на расстоянии 1 км от места выбросов до 0,7 мг/м<sup>3</sup>, а при наличии зеленых насаждений – до 0,13 мг/м<sup>3</sup>. Вредные газы поглощаются растениями, а твердые частицы аэрозолей оседают на листьях, стволах и ветках растений. Снижение загазованности атмосферного воздуха зелеными насаждениями определяется степенью их газоустойчивости. К слабоповреждаемым породам относятся вяз (шершавый и гладкий), ель колючая, ива древовидная, клен ясенелистый, осина, тополь, яблоня сибирская, акация желтая и др.; к среднеповреждаемым – береза бородавчатая, ель Энгельмана, лиственница сибирская, рябина обыкновенная, ива корзиночная, клен татарский и др. Растения с повышенной интенсивностью фотосинтеза имеют меньшую устойчивость к газам. Их то, что они в результате фотосинтеза поглощают из воздуха углекислый газ и выделяют кислород. Каждая порода древесно-кустарниковой растительности характеризуется своей интенсивностью фотосинтеза и поэтому выделяет различное количество кислорода. Дерево с большей лиственной массой выделяет больше кислорода.

3. фитонцидное действие. Большинство растений выделяют фитонциды. Фитонциды – это летучие и нелетучие вещества, обладающие способностью убивать вредные для человека болезнетворные бактерии или тормозить их развитие. Например, фитонциды дубовой листвы уничтожают возбудителя дизентерии. В настоящее время известно более 500 видов, обладающих фитонцидными свойствами (береза, дуб, тополь, черемуха и др.). Значительное количество фитонцидов образуют хвойные породы. Так, 1 га можжевельника выделяет в сутки 30 кг летучих веществ. Большое количество фитонцидов (20–25 кг) выделяют сосна и ель. Благодаря способности растений выделять фитонциды воздух парков содержит в 200 раз меньше бактерий, чем воздух улиц. В определенных дозах фитонциды благотворно влияют на нервную систему человека, усиливают двигательную активность, секреторную функцию желудочно-кишечного тракта, способствуют улучшению обмена веществ.

4. Ветрозащита. Полосы зеленых насаждений высаживают с целью защиты городской застройки от неблагоприятных ветров. Их устраивают

поперек основного ветрового потока. Защитная роль полос зеленых насаждений определяется их плотностью, расположением и типом застройки. Ветрозащитными свойствами обладают зеленые насаждения даже сравнительно небольшой высоты и плотности посадки. Например, ветрозащитное влияние полосы зеленых насаждений, состоящей из восьми рядов деревьев высотой 15–17 м, отмечается на расстоянии 300–600 м. Скорость ветра уменьшается на 25–30 %. Наиболее эффективными являются ажурные защитные полосы, пропускающие сквозь себя до 40 % ветра всего потока.

5. Регуляция температуры и влажности атмосферного воздуха. Зеленые насаждения, предохраняют здания и сооружения от сильного перегрева и, следовательно, от повышения температуры атмосферного воздуха. Температура атмосферного воздуха внутри зеленого насаждения на 2–3 °С ниже, чем внутри городского квартала. Наиболее эффективно снижают температуру атмосферного воздуха растения с крупными листьями. Листья способствуют отражению энергии, тем самым снижая количество солнечной энергии. На степень уменьшения температуры атмосферного воздуха оказывают влияние размеры озелененной территории, плотность посадки древесно-кустарниковой растительности. Так, редкая древесная посадка незначительно снижает температуру атмосферного воздуха. В результате нагрева листьев происходит испарение влаги с их поверхности. К примеру, один хорошо развитый бук испаряет в день около 0,6 т воды. Допустим, если относительная влажность на улице составляет 100 %, то в жилом квартале с озеленением – 116 %, в парке – 204 %. Повышение влажности на 15 % воспринимается организмом как понижение температуры на 3,5 °С. Даже неширокие древесно-кустарниковые полосы (10,5 м) уже на расстоянии 600 м способствуют увеличению влажности атмосферного воздуха на 8 % по сравнению с открытой местностью.

6. Шумозащита. Зеленые насаждения, располагаемые между источниками шума (транспортные магистрали, электропоезда и т. д.) и жилыми домами, участками для отдыха и спортивными площадками, снижают уровень шума на 5–10 %. Кроны лиственных деревьев поглощают 26 % падающей на них звуковой энергии. Хорошо развитые кустарниковые и древесные породы с густой кроной на участке шириной в 30 – 40 м снижают уровни шума на 17–23 дБА, небольшие скверы и внутриквартальные посадки с редкими деревьями – на 4–7 дБА. Крупные лесные массивы снижают уровни шума авиационных моторов на 22–56 % по сравнению с открытым местом на том же расстоянии. Наличие травяного покрова также способствует уменьшению уровня звука на 5–7 дБА.

### **Практическая часть**

**Задача 1.** Произвести расчет площади зеленых зон в городах и вокруг городов, необходимых для воспроизводства кислорода, расходуемого в результате дыхания людьми и работы двигателей внутреннего сгорания, а также массу поглощаемого углекислого газа и выделяемого

кислорода. За исходные данные принять следующие: а) объем легких среднестатистического человека  $V_1 = 2$  л; б) количество выдохов человека в минуту ( $F$ ) (таблица 3.1); в) содержание кислорода в воздухе ( $C_{\text{атм.в.}}$ ) составляет 18,8 %; г) содержание кислорода в воздухе при выдохе ( $C_{\text{выдох}}$ ) составляет 14,6 %; д) средняя площадь земли, занимаемая одним взрослым деревом ( $S_{\text{крона1}}$ ) – 8,5 м<sup>2</sup>; е) средний расход топлива ( $V_{\text{топл}}$ ) – 13 л/100 км; ж) количество кислорода, расходуемое при сжигании 1 кг топлива,  $KO_2 = 3,3$  кг. Исходные данные по вариантам приведены в таблицах 3.1 и 3.2.

**Решение:**

1. Количество атмосферного воздуха, пропускаемого среднестатистическим человеком через легкие за год:

$$V_e = V_1 \cdot d \cdot F \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot t_3, \quad (3.1)$$

где

- $V_e$  – общий объем воздуха, пропущенный человеком через свои легкие за год, л/год;
- $V_1$  – объем легких среднестатистического человека, л;
- $d$  – коэффициент обмена воздуха в легких человека,  $d = 0,3$ ;
- $F$  – количество вдохов и выдохов в минуту;
- $t_1$  – минут в часе;
- $t_2$  – часов в сутках;
- $t_3$  – суток в году.

2. Количество чистого кислорода ( $V_{O_2}$ , л/год), в объеме пропущенного за год воздуха:

$$V_{O_2} = V_e \cdot \frac{C_{\text{атм.в.}} - C_{\text{выдох}}}{100}, \quad (3.2)$$

где

- $C_{\text{атм.в.}}$  – содержание кислорода в атмосферном воздухе, %;
- $C_{\text{выдох}}$  – содержание кислорода в выдохе человека, %.

3. Масса кислорода, необходимого одному человеку для дыхания в год, ( $m_{O_21}$ , кг/год), если плотность кислорода  $\rho = 1,429$  кг/м<sup>3</sup>:

$$m_{O_21} = V_{O_2} \cdot \rho \cdot 10^{-3}. \quad (3.3)$$

4. Общая масса кислорода, необходимого для жизнеобеспечения в течение года населением всего города, ( $m_{O_2}$ , т/год):

$$m_{O_2} = m_{O_21} \cdot N_{\text{жит.}}, \quad (3.4)$$

где

- $N_{\text{жит}}$  – численность населения города, чел.

5. Продуцирование кислорода существующими зелеными насаждениями города в течение года на 1 га деревьев соответствующих пород ( $R_{O_2}$ , т/(га·год)):

$$R_{O_2} = \sum_{i=1}^n c_i \cdot p_i, \quad (3.5)$$

где

$c_i$  – доля деревьев  $i$ -й породы;

$p_i$  – удельное продуцирование кислорода деревьями  $i$ -й породы, т/га.

6. Необходимая площадь зеленых насаждений для обеспечения населения города кислородом ( $S_{\text{дых}}$ , га):

$$S_{\text{дых}} = \frac{m_{O_2}}{R_{O_2}}. \quad (3.6)$$

7. Количество деревьев, соответствующих необходимой площади зеленых насаждений для обеспечения населения города кислородом, ( $N_{\text{дер.дых}}$ , шт.):

$$N_{\text{дер.дых}} = \frac{S_{\text{дых}}}{S_{\text{крона1}}} \cdot 10^4, \quad (3.7)$$

где

$S_{\text{крона1}}$  – средняя площадь земли, занимаемая одним взрослым деревом.

8. Количество автомобилей в городе ( $n_a$ , шт.):

$$n_a = \frac{N_{\text{жит}}}{1000} \cdot k_a, \quad (3.8)$$

где

$k_a$  – количество автомобилей на 1000 человек.

9. Количество кислорода, сжигаемое одной машиной в течение года, ( $m_{O_{21a}}$ , кг/год):

$$m_{O_{21a}} = L_{\text{CP}} \cdot \frac{V_{\text{топл}}}{100} \cdot \rho_{\text{топл}} \cdot K_{O_2}, \quad (3.9)$$

где

$L_{\text{CP}}$  – средний пробег одного автомобиля, км;

$V_{\text{топл}}$  – средний расход топлива на 100 км пробега, л/100 км;

$\rho_{\text{топл}}$  – коэффициент использования кислорода,  $\rho_{\text{топл}} = 0,8$ ;

$K_{O_2}$  – количество кислорода, расходуемое при сжигании 1 кг топлива, кг.

10. Количество кислорода, расходуемого всеми автомобилями города ( $m_{O_{2a}}$ , т/год):

$$m_{O_{2a}} = m_{O_{21a}} \cdot N_{\text{авт}}, \quad (3.10)$$

где

$N_{\text{авт}}$  – количество автомобилей в городе, шт.

11. Необходимая площадь зеленых насаждений для компенсации расхода кислорода при сжигании в двигателях внутреннего сгорания ( $S_{авт}$ , га):

$$S_{авт} = \frac{m_{O2a}}{R_{O2}}. \quad (3.11)$$

12. Количество деревьев, соответствующих необходимой площади зеленых насаждений для компенсации кислорода при сжигании в двигателях внутреннего сгорания, ( $N_{дер.авт}$ , шт.):

$$N_{дер.авт.} = \frac{S_{авт}}{S_{кронад}} \cdot 10^4. \quad (3.12)$$

13. Суммарная площадь зеленых насаждений, необходимых для компенсации расхода кислорода при дыхании и сжигании в двигателях внутреннего сгорания, ( $S_{общ}$ , га):

$$S_{общ} = S_{дых} + S_{авт}. \quad (3.13)$$

14. Поглощение  $CO_2$  зелеными насаждениями города с учетом их породного состава ( $R_{CO2}$ , т/(га·год)):

$$R_{CO2} = \sum_{i=1}^n c_i \cdot g_i, \quad (3.14)$$

где

$g_i$  – удельное поглощение углекислого газа деревьями  $i$ -й породы, т/га.

15. Массу  $CO_2$ , которую будут поглощать полученные по расчету зеленые насаждения, ( $m_{CO2}$ , т/год):

$$m_{CO2} = R_{CO2} \cdot S_{общ}. \quad (3.15)$$

Таблица 3.1 – Исходные данные к задаче

Вариант	Город	Численность населения $N_{\text{жит}}$ , чел.	Количество машин на 1000 чел. $K_a$ , шт.	Средний пробег автомобиля $L_{\text{ср}}$ , км	Среднее количество вдохов $F$	Породный состав зеленых насаждений (доля деревьев i-й породы)								
						тополь	липа	клен платановидный	клен вязолистный	береза	дуб	каштан	сосна	ель
1	Могилев	380440	301	45000	22	0,15	0,09	0,10	0,09	0,03	0,12	0,15	0,10	0,16
2	Гомель	535229	278	31000	27	0,13	0,06	0,12	0,08	0,04	0,02	0,08	0,11	0,01
3	Минск	1974800	303	57000	25	0,14	0,12	0,12	0,12	0,05	0,18	0,08	0,09	0,01
4	Витебск	377722	300	38000	21	0,19	0,08	0,10	0,11	0,05	0,17	0,07	0,25	0,02
5	Гродно	368662	392	48000	24	0,14	0,07	0,07	0,09	0,06	0,20	0,15	0,15	0,20
6	Брест	343985	301	28000	16	0,30	0,07	0,05	0,12	0,09	0,02	0,09	0,10	0,08
7	Борисов	142993	302	19000	25	0,18	0,08	0,09	0,05	0,08	0,08	0,09	0,11	0,05
8	Бобруйск	217940	278	25000	23	0,18	0,10	0,04	0,11	0,03	0,12	0,10	0,09	0,24
9	Орша	115938	265	34000	18	0,13	0,21	0,03	0,05	0,06	0,07	0,10	0,18	0,03
10	Новополоцк	102288	340	19000	20	0,11	0,12	0,09	0,14	0,07	0,04	0,15	0,12	0,01
11	Полоцк	85078	321	14000	21	0,14	0,15	0,07	0,04	0,12	0,15	0,06	0,19	0,03
12	Мозырь	111801	338	22000	16	0,17	0,14	0,06	0,13	0,10	0,10	0,12	0,13	0,06
13	Барановичи	179439	317	37000	22	0,20	0,13	0,01	0,08	0,06	0,17	0,18	0,12	0,02
14	Солигорск	106839	366	43000	24	0,24	0,09	0,02	0,13	0,08	0,10	0,19	0,06	0,25
15	Пинск	138045	272	30000	26	0,21	0,17	0,03	0,06	0,12	0,09	0,16	0,16	0,26
16	Молодечно	95233	313	17000	16	0,27	0,08	0,10	0,12	0,14	0,08	0,08	0,18	0,01

Таблица 3.2 – Выделение кислорода и поглощение углекислого газа лесным массивом площадью 1 га за вегетационный период

Порода дерева	тополь	липа	клен платановидный	клен вязолистный	береза	дуб	каштан	сосна	ель
Поглощение $CO_2$ , $g_i$ , т/га	45,8	16,3	24,6	24,3	15,9	28,7	25,7	10,0	6,7
Продуцирование $O_2$ , $p_i$ , т/га	35,0	12,5	19,6	18,6	11,9	23,5	22,3	8,0	5,2

## Лабораторная работа № 4

### Определение уровня акустического загрязнения производственной среды

**Цель работы:** 1) произвести расчет уровня звукового давления (УЗД) на рабочих местах; 2) определить требуемое снижение шума.

#### Теоретическая часть

Шум представляет собой совокупность непериодических звуков различной интенсивности и частоты. Возникает в результате механических колебаний в твердой, жидкой и газообразной средах. С физиологической точки зрения шум – это всякий неблагоприятно воспринимаемый звук. В свою очередь, под звуком понимают периодическое механическое возмущение (изменение плотности или давления, смещение частиц) в упругих средах, проявляющееся в виде звуковой волны. Пространство, в котором происходит распространение звуковых волн, называется звуковым полем.

Звук характеризуется:

– звуковым давлением ( $P$ , Па) – разностью между мгновенным давлением в звуковой волне и атмосферным;

– интенсивностью ( $I$ , Вт/м<sup>2</sup>) – энергией, переносимой звуковой волной через поверхность площадью 1 м<sup>2</sup>, перпендикулярную направлению распространения звуковой волны в секунду, т. е.:

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot c}, \text{ Вт/м}^2, \quad (4.1)$$

где

среднеквадратичное значение звукового давления, Па;

плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;

скорость распространения звука в среде, м/с;

– частотой колебаний ( $f$ , Гц) – числом колебаний в секунду. Минимальную величину звукового давления, при которой звук данной частоты может быть ещё воспринят ухом человека, называют порогом слышимости. За эталонный принят звук с частотой 1000 Гц. Данной частоте соответствует интенсивность звука 10–12 Вт/м<sup>2</sup> и звуковое давление  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

В действительности для характеристики шума используются две логарифмические величины: уровень интенсивности ( $L_I$ ) и уровень звукового давления ( $L_P$ ), выраженные в децибелах, т. е.:

$$L_I = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ}, \quad (4.2)$$

$$L_P = 20 \cdot \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ}; \quad (4.3)$$

где

$I$  – интенсивность звука в данной точке, Вт/м<sup>2</sup>;

- $I_0$  – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости при частоте 1000 Гц, Вт/м<sup>2</sup>,  $I_0 = 10^{-2}$ ;
- $P$  – звуковое давление в данной точке, Па;
- $P_0$  – пороговое звуковое давление на частоте 1000 Гц, Па,  $P_0 = 10^{-5}$ .

На частотах 800–1000 Гц слуховой аппарат человека наиболее чувствителен. Наименьшая чувствительность зафиксирована на частотах 20–100 Гц.

Ввиду этого, с целью приближения результатов объективных измерений к субъективному восприятию, введено понятие коррективного уровня звукового давления. Коррекция уровня звукового давления подразумевает введение зависящих от частот звука поправок к уровню соответствующей величины. Задействована коррекция (A), а скорректированный уровень звукового давления ( $L_A = L_P - \Delta L_A$ ) – уровень звука, измеряемый в дБА.

Для этого диапазон частот разбивают на соответствующие полосы с последующим определением мощности процесса в каждой полосе. Зачастую используют октавные ( $f_2 / f_1 = 2$ ) и третьоктавные ( $f_2 / f_1 = \sqrt[3]{2}$ ) полосы частот, где  $f_2$  и  $f_1$  – верхняя и нижняя граничные частоты соответственно. В качестве частоты, характеризующей полосу (октаву) в целом, принимают среднегеометрическую частоту ( $f_{ср}$ ):

$$f_{ср} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}. \quad (4.4)$$

Источниками производственного шума являются: оборудование, изделия, эксплуатируемые машины, технологические процессы и др. Они характеризуются параметрами:

- звуковой мощностью источника (P) - общим количеством звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство за единицу времени;
- фактором направленности излучения (Φ):

$$\Phi = \frac{I}{I_{ср}} = \frac{P^2}{P_{ср}^2}. \quad (4.5)$$

– уровнями звуковой мощности шума в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц, а также скорректированным уровнем звуковой мощности.

Классификация шумов:

- по спектру: стационарные и нестационарные. Стационарный – шум, характеризующийся постоянством средних параметров: интенсивности (мощности), распределения интенсивности по спектру (спектральная плотность), автокорреляционной функции. Нестационарный – шум, длящийся короткие промежутки времени;

– по характеру спектра: широкополосные; тональные. Широкополосный – шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы. Тональный – шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные (тональные) составляющие;

б) по временным характеристикам: постоянные и непостоянные. Постоянный – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА. Непостоянный – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени более чем на 5 дБА. Непостоянный, в свою очередь, подразделяется: на колеблющийся, прерывистый, импульсный. Колеблющийся – шум, характеризующийся непрерывным изменением уровня звука во времени. Прерывистый – шум, характеризующийся ступенчатым изменением уровня звука во времени (на 5 дБА и более). Импульсный – шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, длительностью менее 1 с.

Нормируемыми параметрами постоянного шума на рабочих местах являются:

а) уровни звукового давления ( $L_p$ , дБ), в 9 октавных полосах, определяемые по формуле (4.3);

б) уровень звука ( $L_A$ , дБА), определяемый по формуле:

$$L_A = 20 \cdot \lg \frac{P_A}{P_0}, \text{ дБА}, \quad (4.6)$$

где

$P_A$  – среднее квадратическое значение звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера, Па.

Нормируемыми параметрами непостоянного шума на рабочих местах являются: а) эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА; б) максимальный уровень звука.

К основным источникам шума в городах относятся: автотранспорт, рельсовый и воздушный транспорт, промышленные предприятия, градостроительные мероприятия. Наибольшая доля приходится на автомобильный и рельсовый транспорт.

Борьбу с шумом производят следующими методами:

- уменьшением шума в источнике;
- рациональной планировкой предприятий;
- звукоизоляцией;
- звукопоглощением;
- применением организационно-технических мероприятий.

При проектировании производственных установок и рабочих мест на предприятии следует учитывать показатель направленности шума. Шум должен быть направлен в противоположную сторону от рабочего места.

При выборе местоположения цехов в пределах предприятия наиболее шумные цехи необходимо расположить в одном-двух местах. Рас-

стояние между шумными цехами и тихими помещениями должно обеспечивать необходимое снижение шума. В случае расположения промышленного предприятия в городской черте, шумные цеха должны находиться в глубине предприятия, подальше от жилых домов.

Интенсивность шума в помещениях зависит от прямого и отраженного звука. Для снижения шума необходимо уменьшить энергию отраженных волн, что достигается применением на внутренних поверхностях предприятия звукоизолирующих и звукопоглощающих материалов.

### Практическая часть

**Задача 1.** Производственный цех предприятия имеет следующие размеры: длина – 8 м; ширина – 6 м; высота – 4 м. В цеху предусмотрено два рабочих места и установлено оборудование, издающее значительный шум. Октавные уровни звукового давления источника шума (ИШ) на среднегеометрических частотах ( $f_{сг}$ , Гц) составляют ( $L_p$ , дБ). Факторы направленности источника шума ( $\Phi$ ) – таблица 4.1; пространственный угол  $\Omega = 2\pi$ ; наибольший геометрический размер ИШ  $l_{макс} = 1,0$  м. Расстояния от ИШ до первого рабочего места ( $PT_1$ ) –  $ч_1$  м, до второго ( $PT_2$ ) –  $ч_2$ . Необходимо произвести расчет ожидаемых уровней звукового давления (УЗД) на рабочих местах, а также требуемое снижение шума. Исходные данные принять в соответствии с таблицей 4.1.

**Решение:**

Таблица 4.1 – Исходные данные

Параметр	Номер варианта					
	1	2	3	4	5	6
Среднегеометрическая частота $f_{сг}$ , Гц	65	125	250	500	1000	2000
Уровень звукового давления $L_p$ , дБ	100	90	85	95	90	82
Фактор направленности $\Phi$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Расстояние от ИШ до $PT_1$ $ч_1$ , м	3,0	2,5	2,7	2,1	2,4	2,2
Расстояние от ИШ до $PT_2$ $ч_2$ , м	4,0	3,5	3,7	3,1	3,4	3,2
Параметр	Номер варианта					
	7	8	9	10	11	12
Среднегеометрическая частота $f_{сг}$ , Гц	4000	8000	65	125	250	500
Уровень звукового давления $L_p$ , дБ	78	76	102	100	94	88
Фактор направленности $\Phi$	1,7	1,8	1,9	1,4	1,5	1,6
Расстояние от ИШ до $PT_1$ $ч_1$ , м	2,8	2,6	3,0	3,3	3,6	3,8
Расстояние от ИШ до $PT_2$ $ч_2$ , м	3,8	3,6	4,0	4,3	4,6	4,8

1. Ожидаемый УЗД на рабочих местах в помещениях с одним ИШ в зоне прямого и отраженного звука:

$$L = L_p + 10 \cdot \lg \left( \frac{k \cdot \Phi}{S} + \frac{4 \cdot \psi}{B} \right), \quad (4.7)$$

где

$L$  – октавный уровень звукового давления ИШ, дБ;

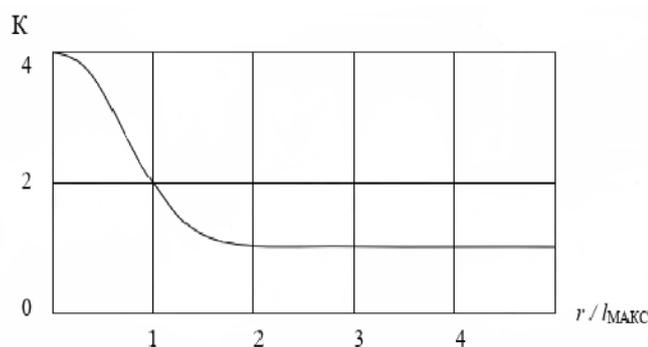
$k$  – коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля, определяемый по рисунку 4.1;

- Ф – фактор направленности излучения ИШ - безразмерная величина, определяемая по технической документации или опытными данными;
- S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, проходящей через расчетную точку, повторяющей упрощенно форму ИШ, м<sup>2</sup>;
- ψ - коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, определяемый по рисунку 4.2;
- B – постоянная помещения в октавных полосах частот. В помещениях без звукопоглощающих облицовок и конструкций определяется из соотношения:

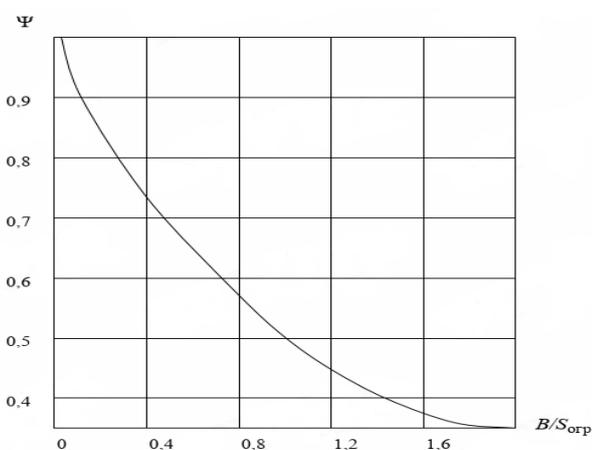
$$B = B_{1000} \cdot \mu, \quad (4.8)$$

где

- B<sub>1000</sub> – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, определяемая по таблице 4.2, м<sup>2</sup>;
- μ – частотный множитель, определяемый по таблице 4.3.



**Рисунок 4.1 – График для определения коэффициента (K) в зависимости от отношения расстояния r к максимальному габаритному размеру источника шума (l<sub>МАКС</sub>)**



**Рисунок 4.2 – График для определения коэффициента (Ψ) в зависимости от отношения постоянной помещения (B) к площади ограждающих поверхностей (S<sub>огр</sub>)**

Таблица 4.2 – Постоянная помещения ( $V_{1000}$ , м<sup>2</sup>)

Тип помещения	Описание помещения	Постоянная помещения ( $V_{1000}$ , м <sup>2</sup> )
1	С небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цеха, машинные залы, испытательные стенды и т. д.)	$\frac{U}{20}$
2	С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, кабинеты, деревообрабатывающие цеха и т. д.)	$\frac{U}{10}$
3	С небольшим количеством людей и мягкой мебелью (конструкторские бюро, учебные аудитории, рабочие комнаты, помещения управления и т. д.)	$\frac{U}{6}$

Таблица 4.3 – Значения частотного множителя  $\mu$

Объем помещения $U$ , м <sup>3</sup>	Частотный множитель $\mu$ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	65	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$U < 200$	0,80	0,75	0,70	0,80	1,00	1,40	1,80	2,50
$U = 200-1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1,00	1,50	2,40	4,20
$U > 1000$	0,50	0,50	0,55	0,70	1,00	1,60	3,00	6,00

2. Используя рисунок 4.1, определяем коэффициент  $k$ . С этой целью:

а) производим расчет отношения ( $c/I_{МАКС}$ ) для первого и второго рабочих мест: ( $c_1/I_{МАКС}$ ) для РТ<sub>1</sub>; ( $c_2/I_{МАКС}$ ) для РТ<sub>2</sub>;

б) на основании рисунка 4.1 находим коэффициенты  $k$  для РТ<sub>1</sub> и РТ<sub>2</sub>.

3. Определяем площади воображаемых поверхностей, проходящих через расчетные точки ( $S_1$  – для РТ<sub>1</sub>) и ( $S_2$  – для РТ<sub>2</sub>) из соотношений:  $S_1 = \pi \cdot c_1^2$ ,  $S_2 = \pi \cdot c_2^2$ .

4. Постоянную помещения  $V$  находим из выражения (4.8). С этой целью: а) по таблице 4.2 находим ( $V_{1000}$ ) для 1-го типа помещения. Она равна  $V_{1000} = (U/20)$ , где  $U$  – произведение ширины, длины и высоты цеха. На основании полученного значения ( $U$ ), используя таблицу 4.3, подбираем частотный множитель ( $\mu$ ).

5. Площадь ограждающих поверхностей ( $S_{огр}$ ):

$$S_{огр} = 2 \cdot (l \cdot b + l \cdot h + b \cdot h), \text{ м}^2, \quad (4.9)$$

где

- $l$  – длина цеха, м;
- $b$  – ширина цеха, м;
- $h$  – высота цеха, м.

6. Коэффициент ( $\psi$ ) снимаем из рисунка 4.2, а также рассчитываем отношение ( $B/S_{огр}$ ).

7. Для РТ<sub>1</sub> и РТ<sub>2</sub> находим слагаемое ( $k \cdot \Phi / S$ ).

8. Определяем слагаемое ( $4 \cdot \psi / B$ ) для рабочих мест.

9. Находим сумму  $((k \cdot \Phi / S) + (4 \cdot \psi / B))$  для  $PT_1$  и  $PT_2$ . Считаем дважды – отдельно для  $PT_1$  и отдельно для  $PT_2$  (меняется  $S$  на  $S_1$  или  $S_2$ ).

10. Определяем логарифмы сумм, рассчитанных в пункте 9.

11. Ожидаемые уровни звукового давления в  $PT_1$  и  $PT_2$  ( $L_1$  и  $L_2$ ) находим по формуле (4.7).

12. Допустимые октавные уровни звукового давления ( $L_{доп}$ ) на рабочих местах определяем исходя из таблицы 4.4 (пункт 6).

Таблица 4.4 – Допустимые октавные УЗД (эквивалентные октавные УЗД), дБ, уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА, на рабочих местах производственных помещений

Рабочие места, производственные помещения	УЗД, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука, эквивал. уровни звука, дБА
	65	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Помещения конструкторских бюро, программистов ВМ, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	58	55	52	50	49	60
3. Кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону	94	87	82	78	75	73	71	70	80
4. Помещение лабораторий для проведения экспериментальных работ; помещения для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	94	87	82	78	75	73	71	70	80
5. Помещения и участки точной сборки, машбюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
6. Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятия	99	92	86	83	80	78	76	74	85

13. Производим расчет требуемого снижения уровня звукового давления ( $\Delta L_{тр}$ ) для  $PT_1$  и  $PT_2$ :

$$\Delta L_{тр} = L_1 - L_{доп}. \quad (4.10)$$

Находим ( $\Delta L_{тр1}$ ,  $\Delta L_{тр2}$ ).

## Лабораторная работа № 5

### Определение уровня акустического загрязнения окружающей природной среды

**Цель работы:** 1) произвести расчет уровня звукового давления (УЗД) на территории жилой застройки; 2) оценить соответствия с допустимым уровнем.

#### Теоретическая часть

Рассмотрена в лабораторной работе № 4.

#### Практическая часть

**Задача.** Произвести расчет ожидаемых уровней звукового давления в выбранной точке на территории жилой застройки и в защищенном от шума помещении, сравнить их с допустимыми УЗД при следующих условиях: источник шума – транспортный поток при двустороннем движении с интенсивностью ( $N$ , ед/ч) и средневзвешенной скоростью ( $U$ , км/ч). Продольный уклон проезжей части ( $\eta$ , %) с покрытием ( $M$ ); расстояние от осевой линии крайней полосы движения до жилых строений ( $R_M$ ). Между транспортной магистралью и жилым кварталом имеется полоса зеленых насаждений ( $Ш$ ) шириной ( $I_M$ ). Стена жилого дома, обращенная к транспортной магистрали, имеет окна, конструкция которых приведена в таблице 5.1.

#### Решение

1. Общий ожидаемый УЗД ( $L_{A(ЭКВ)}$ ) источника шума:

$$L_{A(ЭКВ)} = L_{A7} + \Delta L_{A(СК)} + \Delta L_{A(УКЛ)} + \Delta L_{A(ПОКР)}, \quad (5.1)$$

где

- $L_{A7}$  – эквивалентный УЗД автотранспортного потока, определяемый по таблице 5.2;
- $\Delta L_{A(СК)}$  – поправка к эквивалентному УЗД на уклон проезжей части, определяемая по таблице 5.3;
- $\Delta L_{A(УКЛ)}$  – поправка к эквивалентному УЗД на уклон проезжей части, определяемая по таблице 5.3;
- $\Delta L_{A(ПОКР)}$  – поправка к эквивалентному УЗД на покрытие проезжей части, определяемая по таблице 5.4.

2. Снижение УЗД за счет расстояния, зеленых насаждений и окон определяют следующим образом:

а) расстояние от осевой линии крайней полосы движения до жилых строений ( $\Delta L_{A(РАС)}$ ):

$$\Delta L_{A(РАС)} = 10 \cdot \lg \frac{R}{R_1}, \quad (5.2)$$

где

- $R$  – расстояние от осевой линии полосы движения до жилых строений, м;
- $R_1$  – расстояние, на котором определена шумовая характеристика источника шума,  $R_1 = 7,5$  м.

Таблица 5.1 – Исходные данные

Параметр	Номер варианта											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Интенсивность движения, N, ед/ч	80	150	300	900	1500	3000	60	100	200	900	1000	2000
Скорость движения потока, U, км/ч	60	73	80	100	67	100	27	13	53	47	33	40
Продольный уклон проезжей части дороги, η, %	8	4	2	0	6	8	0	2	4	6	0	2
Покрытие проезжей части M	асфальтобетонное	булыжный камень	цементобетонное	брусчатая мостовая	асфальтобетонное	брусчатая мостовая	булыжный камень	цементобетонное	брусчатая мостовая	асфальтобетонное	булыжный камень	цементобетонное
Расстояние до жилых строений, R, м	70	75	80	85	90	95	100	105	110	88	98	78
Зеленые насаждения: а) однорядная посадка, ширина полосы, l, м: 10–15 16–20		+						+				+
б) двухрядная посадка, ширина полосы, l, м: 21–25	+			+		+			+		+	
в) двух- или трехрядная посадка, ширина полосы, l = 26–30 м:			+		+					+		
Конструкция окна: а) одинарное окно с уплотнителем, толщина стекла, мм: 3 6								+				
б) спаренное окно без уплотнителя, толщина стекла, мм: 3 и 3 6 и 3 6 и 4						+						
в) раздельно-сближенное окно с уплотнителем, толщина стекла, мм: 3 и 3 6 и 4			+								+	
г) раздельное окно без уплотнителя, толщина стекла 6 и 3 мм	+								+			

Таблица 5.2 – Значение параметра  $L_{A7}$  для определения эквивалентного уровня звука автотранспортного потока

Интенсивность движения в обоих направлениях, ед/ч	$L_{A7}$ , дБА	Интенсивность движения в обоих направлениях, ед/ч	$L_{A7}$ , дБА
50	66,5	700	72,5
60	67,0	900	73,0
80	67,5	1000	73,5
100	68,0	1500	74,0
150	68,5	2000	75,5
200	69,0	3000	76,0
300	70,0	4000	76,5
500	72,0	5000	77,0

Таблица 5.3 – Поправки к эквивалентному уровню звука транспортных потоков на характеристику потока и условия движения

Фактор, влияющий на шумовую характеристику транспортного потока	Возможные условия	Поправка к эквивалентному уровню звука $\Delta L_{A(СК)}$ , $\Delta L_{A(УКЛ)}$ , дБА
Средневзвешенная скорость движения потока, км/ч	7	-5
	13	-4
	20	-3
	27	-2
	33	-1
	40	0
	47	+1
	53	+2
	60	+3
	67	+4
	73	+5
	80	+6
	100	+7
120	+8	
Продольный уклон проезжей части улицы или дороги, %	0	0
	2	+1
	4	+2
	6	+3
	8	+4

Таблица 5.4 – Поправки к эквивалентному уровню звука транспортных потоков на характеристику потока и условия движения

Тип покрытия проезжей части	Поправка к эквивалентному уровню звука $\Delta L_{A(ПОКР)}$ , дБА, при средневзвешенной скорости движения, км/ч			
	< 40	40–60	60–80	>80
Асфальтобетонное	0	0	0	0
Цементобетонное и железобетонное	0	+1	+2	+5
Брусчатая мостовая	+1	+3	+4	+5
Мостовая из булыжного камня	+2	+5	+8	+10

б) снижение УЗД зелеными насаждениями ( $\Delta L_{A(ЗЕЛ)}$ ) необходимо определить по таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Снижение уровня звука зелеными насаждениями  $\Delta L_{A(ЗЕЛ)}$ , дБА

Полоса зеленых насаждений	Ширина полосы, м	Снижение уровня звука $\Delta L_{A(ЗЕЛ)}$ , дБА
Однорядная при шахматной посадке деревьев внутри полосы	10–15	4–5
	16–20	6–8
Двухрядная при расстояниях между рядами 3–5 м	21–25	8–10
Двух- и трехрядная при расстояниях между рядами 3 м; ряды аналогичны однорядной посадке	26–30	10–12

в) снижение УЗД окнами ( $\Delta L_{A(ОК)}$ ) необходимо определить по таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Снижение уровня звука окном

Конструкция окна	Толщина стекла, мм	Размер воздушного промежутка, мм	Величина $\Delta L_{A(ОК)}$ , дБА	
			при условии прилегания по периметру	
			без уплотняющих прокладок	с уплотняющими прокладками
Окно с открытой форточкой, узкой створкой	–	–	10	–
Одинарное окно	3	–	18	20
	6	–	21	23
Спаренное окно	3 и 3	57	22	24
	6 и 3	57	26	28
	6 и 4	57	27	29
Раздельно-сближенное окно	3 и 3	90	24	26
	6 и 4	90	28	30
Раздельное окно	6 и 3	120	30	32

3. Общее снижение УЗД:

а) для территории:  $\Delta L_{A(ТЕР)} = \Delta L_{A(РАС)} + \Delta L_{A(ЗЕЛ)}$ ;

б) для помещений:  $\Delta L_{A(ПОМ)} = \Delta L_{A(ТЕР)} + \Delta L_{A(ОК)}$ .

4. Сделать заключение по следующему алгоритму:

а) ожидаемый УЗД на территории ( $L_{A(ЭКВ)}$ ), снижение – ( $\Delta L_{A(ТЕР)}$ ). Следовательно,  $L_{A(ТЕР)} = L_{A(ЭКВ)} - \Delta L_{A(ТЕР)}$ . Результат необходимо сравнить с допустимыми уровнями для дневного и ночного времени (таблица 5.7).

б) ожидаемый УЗД в помещении  $L_{A(ПОМ)} = L_{A(ТЕР)} - \Delta L_{A(ОК)}$ . Сравнить с допустимыми уровнями в дневное и ночное время (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Допустимые уровни звука и эквивалентные УЗД, дБА, для жилых и общественных зданий и их территорий

Помещения, территория	Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
1. Класные помещения, учебные кабинеты, аудитории школ и других учебных заведений; читательские залы, залы совещаний: днем	40
2. Жилые комнаты квартир, спальные комнаты домов отдыха, детских учреждений: днем ночью	40 30
3. Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, площадки отдыха микрорайонов и групп жилых домов, площадки детских дошкольных учреждений, участки школ: днем ночью	55 45

## Лабораторная работа № 6

### Экономический механизм охраны окружающей среды

**Цель работы:** произвести расчет размера платежей за загрязнение атмосферного воздуха при сжигании топлива в котельной.

#### Теоретическая часть

Окружающая среда – обобщённое понятие, характеризующее природные условия некоторой местности и её экологическое состояние, которое ухудшается ежегодно. Ввиду этого вопрос об экологической безопасности окружающей среды является особенно актуальным.

Под экологической безопасностью подразумевается такое состояние окружающей среды, при котором гарантируется предупреждение ухудшения экологической обстановки и возникновения опасности для здоровья людей. Достигается это путем установления комплекса обязательных норм, правил, требований по охране окружающей среды, использованию природных ресурсов с помощью законодательно определенных экологических стандартов и нормативов, а также привлечения виновных к юридической ответственности за экологические правонарушения.

Для пресечения, исправления и контроля над сложившейся ситуацией и существует экономический механизм охраны окружающей среды. Необходимо решить проблему повышения его эффективности, т. е. улучшение механизма применения и использования эколого-правовых

норм. Экономический механизм охраны окружающей среды включает в себя совокупность правовых норм, регулирующих условия и порядок аккумуляции денежных средств, поступающих в качестве платы за загрязнение окружающей среды и иные вредные на неё воздействия, финансирование природоохранных мер и экономического стимулирования хозяйствующих субъектов путём применения налоговых и иных льгот.

К задачам экономического механизма охраны окружающей среды относятся:

- планирование и финансирование природоохранных мероприятий;

- установление лимитов использования природных ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду и размещение отходов;

- становление нормативов платы и размеров платежей за использование природных ресурсов, выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, размещение отходов и другие виды вредного воздействия;

- предоставление предприятиям, учреждениям и организациям, а также гражданам налоговых, кредитных и иных льгот при внедрении ими малоотходных и ресурсосберегающих технологий и нетрадиционных видов энергии, осуществлении других эффективных мер по охране окружающей среды;

- возмещение в установленном порядке вреда, причиненного окружающей среде и здоровью человека.

В целом, экономический механизм направлен на экономическое обеспечение рационального природопользования и охраны окружающей среды.

### Практическая часть

Расчет ведется в табличной форме.

Таблица 6.1 – Варианты для выполнения задания

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса сожженного топлива, т/год	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
Зольность топлива, $q_T$ , %	37	30	15	9	21	33	26	25	10	30
Масса загрязняющих веществ, образующихся при сгорании 1 т угля $d_i$ , кг/т										
$d_2$ – оксидов углерода	17	18	19	20	21	22	23	14	15	16
$d_3$ – оксидов азота	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
$d_4$ – оксидов серы	50	54	51	52	53	46	47	48	49	44
Коэффициент $k_1$	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3
Коэффициент $k_2$	0,5	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	0,7	0,8	0,8

Таблица 6.2 – Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ

1	Загрязняющие вещества			
	сажа	СО	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
2	3	4	5	
Валовый выброс ЗВ, М <sub>и</sub> , т/год				
Норматив предельно-допустимого выброса ПДВ $M_{Hi} = K_1 \cdot M_i$ , т/год				
Выброс в пределах установленных лимитов $M_{ли} = K_2 \cdot M_i$ , т/год				
Выбросы, не превышающие ПДВ				
Базовый норматив платы за 1 т ЗВ Н <sub>бHi</sub> , руб./т				
Ставка платы за выброс 1 т ЗВ $C_{Hi} = H_{бHi} \cdot K_э \cdot K_г$ , руб./т				
Плата за выброс $\Pi_{Hi} = C_{Hi} \cdot M_{Hi}$ , руб./год				
Плата за выброс $\Pi_H = \sum_{i=1}^4 \Pi_{Hi}$ , руб./г				
Выброс в пределах установленных лимитов				
Базовый норматив платы за 1 т ЗВ Н <sub>бли</sub> , руб./т				

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4	5
Ставка платы за выброс 1 т ЗВ $C_{ли} = H_{бли} \cdot K_э \cdot K_г$ , руб./т				
$(M_{ли} - M_{Hi})$ , т/год				
Плата за выброс $\Pi_{ли} = C_{ли} \cdot (M_{ли} - M_{Hi})$ , руб./год				
Плата за выброс $\Pi_{л} = \sum_{i=1}^4 \Pi_{ли}$ , руб./год				
Сверхлимитный выброс				
$(M_i - M_{ли})$ , т/год				
Плата за выброс $\Pi_{сли} = 5 \cdot C_{ли} \cdot (M_i - M_{ли})$ , руб./год				
Плата за выброс $\Pi_{сл} = \sum_{i=1}^4 \Pi_{сли}$ , руб./год				
Общая плата				
$\Pi = (\Pi_H + \Pi_{л} + \Pi_{сл}) \cdot K_{и}$ , руб./год				

1. В качестве загрязняющих веществ (ЗВ) при определении размера платежей за загрязнение атмосферного воздуха приняты: твердые частицы (сажа), оксид углерода (СО), диоксиды азота (NO<sub>2</sub>) и серы (SO<sub>2</sub>).

2. Размер платежей за загрязнение окружающей природной среды начинается с расчета массы валового выброса каждого из ЗВ (M<sub>i</sub>).

Расчет массы валового выброса твердых частиц в дымовых газах котельной, т/год:

$$M_1 = q_T \cdot m \cdot f \cdot \left(1 - \frac{\xi}{100}\right), \quad (6.1)$$

где

- $q_T$  – зольность топлива, %;
- $m$  – масса сожженного топлива, т/год;
- $f$  – безразмерный коэффициент (принять  $f = 0,002$ );
- $\varepsilon$  – эффективность золоуловителя, % (принять  $\varepsilon = 85$  %).

Для ЗВ ( $CO$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ) массы выбросов, образующихся при сгорании 1 т топлива, т/год:

$$M_i = d_i \cdot m \cdot 10^{-3}, \quad (6.2)$$

где

- $d_i$  – выброс  $i$ -го загрязняющего вещества при сгорании 1 т топлива, кг/т;
- $m$  – масса сожженного топлива, т/год.

3. Расчет предельно-допустимых нормативов выбросов (ПДВ) производится по соответствующим методикам. В случае, если значения ПДВ не могут быть достигнуты, предусматривается по согласованию с местными органами охраны природы и санитарного надзора поэтапное снижение выбросов. На каждом этапе устанавливаются временно согласованные выбросы (ВСВ).

Фактические выбросы ( $M_i$ ) находятся как:

$$M_{Fi} = k_1 \cdot M_i, \quad (6.3)$$

$$M_{Li} = k_2 \cdot M_i. \quad (6.4)$$

4. Норматив платы за выброс 1 тонны  $i$ -го ЗВ в пределах ПДВ ( $H_{бнi}$ , руб./т) (таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Базовые нормативы платы за выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников

Наименование загрязняющих вредных веществ	Норматив платы за выброс 1т загрязняющих вредных веществ, руб.	
	в пределах допустимых нормативов выбросов (ПДВ)	в пределах установленных лимитов (временно согласованных нормативов выбросов – ВСВ)
Диоксид азота	52	260
Диоксид серы	80	400
Сажа	80	400
Оксид углерода	0,6	3

5. Ставка платы за выброс 1 тонны  $i$ -го ЗВ в пределах ПДВ ( $C_{ни}$ , руб./т):

$$C_{ни} = H_{бнi} \cdot K_{\varepsilon} \cdot K_{Г}, \quad (6.5)$$

где

- $K_{\text{э}}$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в данном регионе (принять  $K_{\text{э}} = 1,9$ );  
 $K_{\text{г}}$  –  $K_{\text{г}} = 1,2$ , т. к. выбросы производятся в атмосферный воздух города.

6. Плата за выбросы ЗВ в размерах, не превышающих ПДВ:

$$П_{\text{н}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{н}i} \cdot M_{\text{н}i}. \quad (6.6)$$

7. Норматив платы за выброс 1 тонны  $i$ -го ЗВ в пределах ВСВ ( $H_{\text{бл}i}$ , руб./т) (таблица 6.3).

8. Определение ставки платы за выброс 1 тонны  $i$ -го ЗВ в пределах ВСВ ( $C_{\text{л}i}$ , руб./т) – формула (6.5).

9. Плата за выбросы ЗВ в пределах установленных лимитов (ВСВ):

$$П_{\text{л}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{л}i} \cdot (M_{\text{л}i} - M_{\text{н}i}). \quad (6.7)$$

10. Плата за сверхлимитный выброс ЗВ:

$$П_{\text{сл}} = 5 \cdot \sum_{i=1}^n C_{\text{л}i} \cdot (M_i - M_{\text{л}i}). \quad (6.8)$$

11. Общая плата:

$$П = (П_{\text{н}} + П_{\text{л}} + П_{\text{сл}}) \cdot K_{\text{и}}, \quad (6.9)$$

где

- $П_{\text{н}}$  – плата за выбросы ЗВ в размерах, не превышающих установленных пользователю предельно-допустимых нормативов выбросов (ПДВ), руб./год;  
 $П_{\text{л}}$  – плата за выбросы ЗВ в пределах установленных лимитов (временно согласованных выбросов – ВСВ), руб./год;  
 $П_{\text{сл}}$  – плата за сверхлимитный выброс ЗВ, руб./год;  
 $K_{\text{и}}$  – коэффициент индексации ( $K_{\text{и}} = 1,67$ ).

## Литература

1. Волков, Ю. В. Экологическое проектирование, оценка воздействие на окружающую среду и сертификация : учебное пособие. Ч. I. / Ю. В. Волков, А. Г Дашковский. – Томск : Томский политехнический университет, 2011. – 164 с.
2. Майорова, Л.П. Оценка воздействия на среду : практикум для студентов направления 18.03.02 / Л. П. Майорова. – Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет, 2018. – 146 с.
3. Марцуль, В. Н. Оценка воздействия на окружающую среду : учебное пособие для студентов специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» вузов / В. Н. Марцуль. – Минск : БГТУ, 2006. – 284 с.
4. Челноков, А. А. Основы промышленной экологии / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. – Минск : Высшэйшая школа, 2001. – 343 с.
5. Черп, О.М. Экологическая оценка и экологическая экспертиза / О. М. Черп [и др.] – М. : Социально-экологический союз, 2000. – 232 с.

Учебное издание

**Составители:**

*Шпендик Наталья Николаевна*

*Черняк Оксана Николаевна*

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторным работам по дисциплине  
**«Оценка воздействия на окружающую среду»**  
для студентов специальности  
**1 – 33 01 07 «Природоохранная деятельность»**

Ответственный за выпуск: Шпендик Н. Н.

Редактор: Митлошук М. А.

Компьютерная верстка: Рогожина Ю. А.

Корректор: Дударук С. А.

---

Подписано в печать 15.12.2021. Формат 60x84 1/16. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Arial». Усл. печ. л. 2,09. Уч. изд. л. 2,25. Заказ № 1369. Тираж 19 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.

