

Министерство образования и науки РФ

Государственное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

ЭКОЛОГИЯ
Практикум к выполнению лабораторных
и практических заданий
для студентов 3-5-го курсов строительных специальностей

*Рекомендовано редакционно-издательским советом
Воронежского государственного архитектурно-строительного университета
в качестве учебно-методического пособия
для студентов строительных специальностей*

Воронеж 2011

УДК 504(073)
ББК 20.1я7
С603

Рецензенты:
кафедра промышленной экологии
и безопасности жизнедеятельности
Воронежского технического университета;
А.П. Баскаков директор ООО «Завод КПД-2»

Соловьева, Э.В.

Экология : практикум для студ. строит. спец. / Э.В. Соловьева,
С603 В.В. Колотушкин ; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж,
2011. – 104 с.

Изложен общий теоретический материал к проведению лабораторных работ, даны рекомендации к выполнению практических заданий по вариантам по дисциплине «Экология». Приведены примеры практических расчетов.

Предназначено для студентов 3-5-го курсов строительных специальностей.

Ил. 11. Табл. 67. Библиогр. 17:

УДК 504(073)
ББК 20.1я7

ISBN 978-5-89040-351-3

© Соловьева Э.В., Колотушкин В.В., 2011
© Воронежский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2011

Введение

Экология – наука, изучающая условия существования живых организмов, в том числе человека, их взаимосвязь между собой и окружающей средой. Окружающая человека среда в настоящее время представлена в виде техносферы.

Техносфера – часть биосферы (области существования живых организмов), преобразованная людьми посредством прямого или косвенного воздействия технических средств – предметов труда, орудий производства в условиях наилучшего достижения своих материальных и социально-экономических потребностей.

Взаимодействие человека с техносферой может быть комфортным, когда обеспечиваются оптимальные условия существования между людьми и средой обитания, а может быть опасным и даже чрезвычайно опасным, когда люди и окружающая среда могут подвергаться негативному воздействию опасных и вредных факторов, возникающих в результате их антропогенной деятельности. Негативные воздействия обусловлены влиянием постоянно увеличивающегося количества лимитов техносферы – машин, оборудования, сооружений, инженерных коммуникаций и др.

Антропогенная деятельность человека оказывает все большее и большее негативное воздействие на окружающую среду. Уже сейчас обозначились уже экологические проблемы. Большинству здравомыслящих людей стало понятно, что необходимо предпринимать какие-то конкретные действия для снижения антропогенной нагрузки.

Настоящий практикум по экологии содержит конкретные указания к проведению лабораторных работ и практических расчетов для оценки загрязнения атмосферного воздуха твердыми и газообразными промышленными выбросами. Приводятся примеры определения категории экологической опасности предприятия по выбросам в атмосферу и акустического расчета для оценки негативного влияния шума на человека, лабораторные работы по определению показателей, характеризующих свойства и показатели качества воды, по исследованию уровней шума.

Правила по технике безопасности

1. Приборы и установки должны быть заземлены.
2. Рабочие места должны удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям электробезопасности и пожарной безопасности.
3. Перед включением установок необходимо проверить состояние электрошнура, розетки и вилки.
4. Пользоваться приборами можно только после ознакомления с их устройством и принципом работы.
5. Во избежание растрескивания стекол и ранения рук избегать ударов по приборам, а также их падения.

6. При использовании вентилятора для создания потока воздуха на анемометр соблюдать правила электробезопасности (не пользоваться поврежденным электрическим шнуром, вилкой, розеткой и т.д.).

7. Выполняющие работу с реактивными порошками должны по окончании работы тщательно вымыть руки.

8. В случае ожога пораженное место следует смочить этиловым спиртом или раствором марганцовокислого калия и наложить повязку, а затем обратиться к врачу.

9. Приступать к проведению эксперимента можно после изучения методических указаний и получения разрешения преподавателя.

10. После окончания опытов необходимо ставить приборы на свое место.

11. В случае воспламенения горючей жидкости пламя следует гасить с помощью песка, при необходимости воспользоваться огнетушителем.

Лабораторная работа № 1

Оценка запыленности рабочих мест

1.1. Цель работы

Изучение методики анализа запыленности воздуха в воздухе производственных помещений.

1.2. Общие сведения

Твердые частицы вещества образуют с воздухом аэрозоли, которые делятся на пыль (размер твердых частиц более 1 мкм) и дым (менее 1 мкм).

Пыль - мелкодисперсные частицы твердых веществ, находящиеся в воздухе во взвешенном состоянии. В зависимости от размеров пылевые частицы подразделяются на макроскопические, или видимые (более 10 мкм), микроскопические (10-0,1 мкм), различаемые под микроскопом, ультраскопические (менее 0,1 мкм), обнаруживаемые только электронным микроскопом. Различают атмосферную и промышленную пыли.

Пыль образуется на производстве в результате механического воздействия рабочих органов машин на перерабатываемые материалы (при дроблении и размоле твердых веществ, при просеивании и транспортировке сыпучих материалов, приготовлении формовочных земель, обработке изделий абразивными инструментами и т.д.). В условиях производства может возникать и вторичное пылеобразование, например, при уборке помещений, движении людей и т.п.

По характеру воздействия на организм человека пыль может быть раздражающей и токсичной. Раздражающие пыли вызывают раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, оседают в легких, практически не попадая в

круг кровообращения, вследствие плохой растворимости в биологических средах (крови, лимфе). К ним относятся пыли металлов (чугунная, железная, медная, алюминиевая и др.), минеральная пыль (асбестовая, кварцевая, угольная, наждачная), древесная, пластмассовая и др. Длительное вдыхание пыли может привести к хроническим заболеваниям легких — пневмокониозам, которые ведут к ограничению дыхательной поверхности легких и изменениям во всем организме человека. Наиболее тяжелым из них является силикоз, возникающий при попадании в легкие пыли, содержащей двуокись кремния.

Токсичные пыли свинца, ртути, мышьяка и т.п., растворяясь в биологических средах, действуют как введенный в организм яд и вызывают его отравление.

Вредное воздействие пыли на организм человека зависит от количества вдыхаемой пыли, от степени дисперсности, т.е. размеров пылинок, формы пылинок и от химического состава пыли.

Чем меньше пылинки, тем они опаснее для человека. Особенно опасны пылинки размером от 1 до 10 микрон, т.к. они могут глубоко проникать в легкие. Более крупные пылинки задерживаются слизистой оболочкой верхних дыхательных путей, а более мелкие — выдыхаются.

По форме наиболее опасны пылинки с острыми зазубренными краями и игольчатые (асбест, стекло и стекловолокно, металлы).

Пыль способна адсорбировать из воздуха некоторые ядовитые газы, благодаря чему нетоксичная пыль может стать токсичной, например, угольная пыль и сажа могут адсорбировать окись углерода.

Пыль может обладать электрическим зарядом, который облегчает ее осаждение в легкие, т.е. увеличивает количество задерживающейся в организме пыли.

Пыль может приводить к развитию профессиональных бронхитов, пневмоний, астмы. Под влиянием пыли развиваются конъюнктивиты, поражения кожи, шероховатости, шелушение, огрубление, угри, экземы, дерматиты и др. Систематическая работа в условиях воздействия пыли снижает защитные функции организма и тем самым предопределяет повышенную заболеваемость рабочих.

Кроме вредного действия на организм человека, пыль повышает износ оборудования (главным образом, трущихся частей), увеличивает брак продукции. При определенном содержании горючей пыли в воздухе могут образовываться взрыво- и пожароопасные смеси.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны нормируется. Нормы представляются в виде предельно допустимых концентраций (ПДК).

Предельно допустимой концентрацией (ПДК) называется такая концентрация данного вещества в воздухе производственных помещений, при которой не происходит изменений в организме (при 8- часовом рабочем дне) в течение многих лет.

Исследование пыли проводится следующими методами: весовым, счетным, фотометрическим и электрофотометрическим.

Весовой (гравиметрический) метод служит для определения веса пыли, содержащейся в единице объема воздуха, путем просасывания, через специальный фильтр некоторого объема запыленного воздуха.

Счетный метод (кониметрический) служит для определения числа пылинок, находящихся в единице объема воздуха. Подсчет пылинок производится с помощью микроскопа, для чего пыль, содержащаяся в известном объеме воздуха, предварительно осаждается на предметное стекло, одновременно с подсчетом выявляются размер и форма пылинок.

Фотометрический метод основан на изменении интенсивности света, проходящего через запыленную среду.

Электрофотометрический метод основан на способности пылинок переносить электрические заряды и оседать на электроде.

В настоящей работе изучается весовой метод определения запыленности воздуха в рабочей зоне производственных помещений.

1.3. Приборы и оборудование

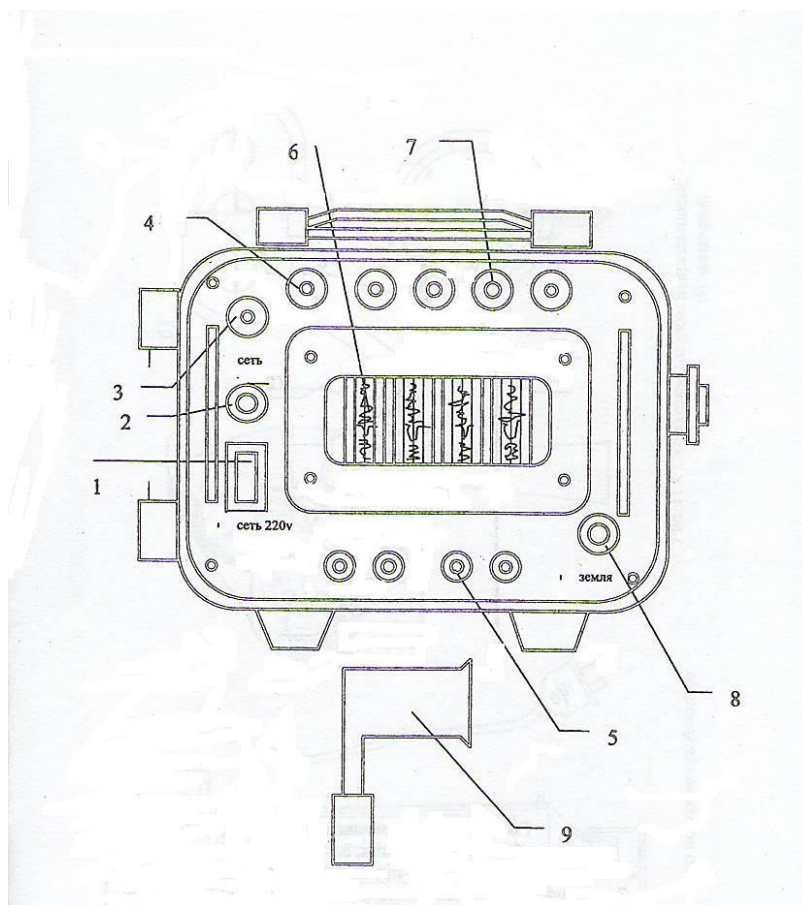


Рис. 1. Схема аспирантора:

- 1 – входная колонка; 2 – тумблер; 3 – гнездо предохранителя;
4 – предохранительный клапан; 5 – штуцер; 6 – ротаметр;
7 – ручка вентиля ротаметра; 8 – клапан заземления аппарата; 9 - аллонж

1.4. Порядок проведения работы

Поскольку пыль оказывает вредное действие на человека, необходимо осуществлять контроль запыленности рабочих мест. Принцип контроля заключается в нахождении концентрации пыли в единице объема (например, мг/м³) и сравнении ее с ПДК. Отбор проб на пыль рекомендуется проводить 2-3 раза в смену на 20 – 40 % рабочих мест в зоне дыхания (1,5 м от пола) на расстоянии 15 – 30 см от головы работающего. В одной точке следует отбирать не менее 6 – 8 проб воздуха.

Порядок отбора проб на пыль:

1. Отсоединить аспиратор от пылевой камеры.
 2. Включить аспиратор и ручкой вентиля отрегулировать необходимую объемную скорость отбора проб.
 3. Взвесить фильтр на аналитических весах и вставить его в аллонж.
 4. Аллонж подсоединить при помощи резиновых трубок к пылевой камере и аспиратору.
 5. Включить вентилятор в пылевой камере.
 6. Включить аспиратор и в течение 3-4 мин протягивать запыленный воздух через аллонж.
 7. Выключить аспиратор и вентилятор камеры, отсоединить аллонж и взвесить фильтр на аналитических весах.
 8. По соответствующим приборам снять показания барометрического давления и температуры в месте отбора пробы.
 9. По полученным данным определяют концентрацию пыли.
- Расчет весовой концентрации пыли производится:
- а) содержание пыли в мг/м³ определить по формуле

$$Q_p = \frac{q_2 - q_1}{V_0}, \text{ мг/м}^3, \quad (1)$$

где Q_p - содержание пыли в воздухе, мг/м³;

q_1 - вес чистого фильтра, мг;

q_2 - вес фильтра с пылью, мг;

V_0 - объем воздуха, пропущенного аспиратором через аллонж, приведенный к нормальным условиям, т.е. к такому объему, который он занимал бы при $T = 0^\circ$ и давлении $B = 101308$ Па. V_0 определяется по формуле

$$V_0 = \frac{V_t \cdot 273B}{(273 + T)101308}, \text{ м}^3, \quad (2)$$

где $V_t = V \cdot t \cdot 10^{-3}$ - объем воздуха, протянутого через аллонж при данной температуре T и давлении B , м³;

B - барометрическое давление, Па;

T - температура воздуха, °C;

V - скорость пропускания воздуха через аллонж, л/мин.

б) полученные данные занести в табл. 2 и обработать;

в) найти среднее значение (Q_{cp}):

$$Q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_p}{n}, \quad (3)$$

где Q_p - результаты реальных измерений, мг/м³;

n - число измерений (не менее 6).

Затем рассчитать основной показатель $\bar{Q}$ - результаты реальных измерений:

$$\bar{Q} = Q_{cp} + kS, \quad (4)$$

где k - коэффициент, устанавливаемый с учетом коэффициента Стьюдента и числа измерений. Для практической оценки можно рекомендовать следующие значения величин k в зависимости от количества измерений с учетом коэффициента Стьюдента для доверительной вероятности 0,95 (табл.1.).

Таблица 1

Значения коэффициента K

n	6	8	10	12
k	1,05	0,85	0,72	0,62

S - среднее квадратичное отклонение по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_p - Q_{cp})^2}{n-1}}. \quad (5)$$

Таблица 2

Результаты испытаний

Номер пробы	Наименование вредного вещества в помещении	Барометрическое давление, Па	Температура воздуха T , °C	Скорость пропускания воздуха, V , л/мин	Время отбора пробы t , мин	Объем воздуха, приведенный к нормальным условиям, м ³	Вес чистого фильтра q_1 , мг	Вес фильтра с пылью q_2 , мг	Содержание пыли Q_p , мг/м ³	Содержание пыли, Q , мг/м ³	ПДК вредных, мг/м ³

г) заполнить табл. 2 и сделать выводы о соответствии или несоответствии фактического содержания пыли с ПДК. Значения ПДК даны в табл. 3;

д) при получении повышенных значений вредности разработать меры ликвидации запыленности, профилактики санитарно-гигиенических норм.

Таблица 3

**Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ
в воздухе рабочей зоны**

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности
1. Силикатосодержащие пыли, силикаты, алюмосиликаты		
а) асбест природный и искусственный, смешанные асбестоприродные пыли при содержании в них асбеста более 10%	2	4
б) асбестоприродные пыли при содержании в них асбеста до 10%	4	3
в) цемент, оливин, апатит, глина, шамот каолиновый	6	4
г) силикаты стеклообразные вулканического происхождения (туфы, пемза, перлит)	4	3
2. Окись в виде аэрозоля дезинтеграции (глинозем, монокордит)	6	4
3. Окись железа с примесью окислов марганца до 3%	6	4
4. Известняк	6	4
5. Кремнеземсодержащие пыли:		
а) двуокись кремния SiO ₂ кристаллическая при содержании ее в пыли от 10 до 70% (гранит, углепородная пыль, шамон);	2	4
б) двуокись кремния кристаллическая при содержании ее в пыли от 2 до 10% (углеродная и угольная пыли, глина, медносульфидные руды и др.)	4	4

Примечание:

По степени воздействия на организм человека вредные вещества следует разделить на 4 класса: 1 – вещества чрезвычайно опасные; 2 – вещества высоко опасные; 3 – вещества умеренно опасные; 4 – вещества мало опасные.

Пути снижения запыленности воздуха на производстве следующие:

1) рационализация технологического процесса (отказ от применения пылящих материалов, обработка пылящих материалов во влажном состоянии и пр.);

2) автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением пыли;

3) герметизация или изоляция пылящего оборудования, а также работа оборудования под вакуумом;

4) устройство местных вентиляционных отсосов, вытяжной или приточно-вытяжной вентиляции.

При работе в сильно запыленных помещениях надлежит пользоваться защитными средствами: респираторами (маска со специальными противопыльными фильтрами), кислородно-изолирующими приборами, устройствами, подающими свежий воздух для дыхания извне, а также противопыльными очками и спецодеждой.

Лабораторная работа №2

Определение концентрации газообразных веществ в воздухе рабочих помещений

2.1. Цель работы

Ознакомить студентов с приборами и методами определения концентрации ядовитых и взрывоопасных паров и газов в воздушной среде рабочего помещения.

2.2. Общие сведения

При производстве отдельных видов работ (особенно малярных) используются вещества, выделяющие пары, которые вызывают отравление человека или создают взрывоопасные концентрации.

Опасность вещества – это вероятность возникновения неблагоприятных для здоровья эффектов в реальных условиях производства.

Отравления могут быть:

-острыми, возникающими при попадании в организм человека за небольшое время больших доз отравляющего вещества и характеризующимися быстрыми проявлениями признаков отравления. Острые отравления чаще бывают массовыми и происходят в результате аварий, поломок оборудования и грубых нарушениях требований безопасности труда. Они характеризуются кратковременным действием токсичных веществ, поступлением в организм вредных веществ в относительно больших количествах – при высоких концентрациях;

-хроническими, возникающими постепенно, при длительном поступлении в организм в относительно небольших количествах. Отравления возникают вследствие накопления массы вредных веществ в организме.

Ежегодно происходят групповые несчастные случаи, уносящие жизни людей; люди погибают от угарного газа без цвета и запаха, от отравлений и удушья. Содержание вредных веществ и паров газов в воздухе контролируется и на них установлены ПДК.

Несоблюдение норм ПДК ядовитых и взрывоопасных паров и газов приводит к авариям, несчастным случаям, профессиональным заболеваниям, снижению производительности труда и качества работ.

Содержание газов (паров) в воздухе контролируется различными методами. Наиболее простой - экспрессный - основан на изменении цвета индикаторного порошка, через который протягивается загрязненный воздух. Этот метод используется в газоанализаторе УГ-2.

2.3. Приборы и оборудование

Универсальный переносной газоанализатор типа УГ-2 (рис. 2) предназначен для определения содержания в воздухе сернистого ангидрида, окислов азота, сероводорода, ацетилена, хлора, аммиака, этилового эфира, бензина, толуола, ацетона, углеводородов нефти.

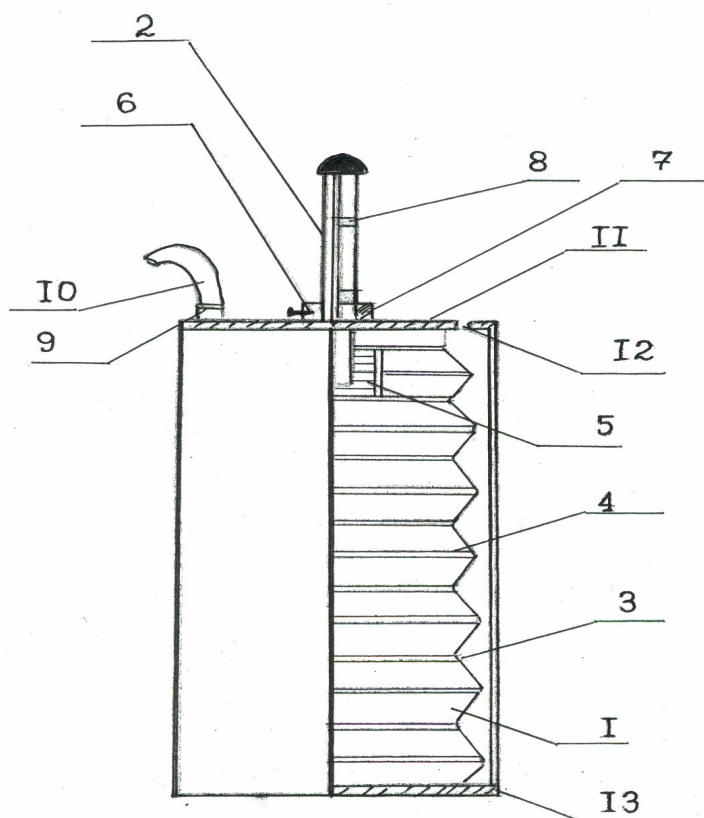


Рис. 2. Схема газоанализатора УГ-2:

- 1- резиновый сильфон; 2 – шток; 3 – закрытая часть корпуса; 4 –распорные кольца; 5 – пружина; 6 – стопорная защелка; 7 – неподвижная втулка; 8 - углубление в штоке; 9 – штуцер; 10 – резиновая трубка; 11 – верхняя плита; 12 – отверстие для хранения штока; 13 - корпус

2.4. Порядок проведения работы

Применение прибора возможно при давлении 98642-103974 Па, относительной влажности не более 90 %, температуре от 10 до 30 °С. Принцип работы основан на просасывании через индикаторную трубку воздухозаборным устройством воздуха, содержащего вредные газы, которые концентрируются на поверхности адсорбента. При этом происходит образование цветного продукта, отличного от исходного, причем длина окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке пропорциональна концентрации анализируемого газа в воздухе и измеряется по шкале, градуированной в мг/м³.

Перед началом работы необходимо проверить герметичность воздухозаборного устройства. Для этого сильфон сжимают штоком до верхнего отверстия на объеме 400 мл и фиксируют это положение. Резиновую трубку перегибают и сжимают зажимом. Отводят фиксатор и после первоначального рывка его отпускают. Если в течение 10 минут не наблюдается заметного перемещения штока, воздухозаборное устройство считается герметичным.

Индикаторную трубку заполнить реактивным порошком и с обеих сторон закрыть ватой. Выбрать шток (табл. 4), соответствующий исследуемому газу.

Таблица 4

Анализируемый газ	Просасываемый объем, мл.	Предел измерений, мг/м ³
Сероводород	300	0-30
Окислы азота	325	0-50
Бензол	350	0-200
Углеводороды нефти (включая бензин)	300	0-1000

Отвести стопорную защелку газоанализатора и установить предварительно выбранный шток. Давлением от руки на шток (2) сжимать сильфон (1), пока стопорная защелка (6) не совпадет с верхним углублением в канавке штока. Присоединить индикаторную трубку с одной стороны к резиновой трубке газоанализатора, а с другой – к заборной трубке газовой камеры. Открыть кран газовой камеры, оттянуть рукой стопорную защелку (6) и ждать движения штока (2) вверх. Окончание сбора воздуха фиксируется автоматически – щелчком стопорной защелки (6). Находящиеся в воздухе отравляющие вещества взаимодействуют с реактивом, в результате чего последний изменяет цвет. Длина окрашенного слоя пропорциональна концентрации исследуемого вещества, измеряемой по специальной шкале. Закрывать кран газовой камеры. Измерить длину индикатора с измененным цветом специальной линейкой, маркированной для данного газа. Отсчет производить в мг/м³.

Результаты замеров занести в табл. 6 и произвести математическую обработку данных в следующей последовательности:

а) определить среднее значение результатов замера по формуле

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \text{ мг/м}^3, \quad (5)$$

где X_i – результат каждого измерения; n – число измерений, обычно их число должно быть не менее 6;

б) рассчитать основной показатель измерений (X) по формуле

$$X = \bar{X} + KS, \text{ мг/м}^3, \quad (6)$$

где K – коэффициент, устанавливаемый с учетом коэффициента Стьюдента и числа измерений для доверительной вероятности 0,95, принимается по табл. 5.

Таблица 5

Значение коэффициента K в зависимости от n

n	6	8	10
K	1,05	0,85	0,72

S – среднее квадратичное отклонение;

в) найти значение S из выражения

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}; \quad (7)$$

г) заполнить табл. 6.

Таблица 6

Результаты испытаний

Номер опыта	Наименование определяемого газа	Марка прибора	Концентрация вредных веществ, мг/м ³			ПДК испытуемого вещества	Отклонение от ПДК, мг/м ³	Намечаемые мероприятия
			Измеренная	средняя	основной показатель			

Пользуясь данными табл. 7, сделать выводы:

а) концентрация данного вещества находится в пределах нормы ПДК;

б) превышает нормы ПДК;

в) если концентрация превышает нормы ПДК, то необходимо принять меры и дать рекомендации по ее снижению и обеспечению безвредных и безопасных условий труда.

Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Вещество	Величина предельно допустимой концентрации, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
1. Азота окислы (в перерасчете на O ₂)	5	2	П
2. Аммиак	20	4	П
3. Ацетон	200	4	П
4. Бензин-растворитель	300	4	п
5. Дизельное топливо	300	4	п
6. Керосин (в пересчете на С)	300	4	П
7. Ксилол	50	3	П
8. Марганец	0,3	2	А
9. Хлор	1	2	П

Лабораторная работа № 3
Оценка микроклимата аудитории

3.1. Цель работы

Определить метеорологические условия (температуру, относительную влажность, скорость движения воздуха), а также барометрическое давление в аудитории.

3.2. Общие сведения

С точки зрения физики, человеческий организм представляет собой обычную незамкнутую термодинамическую систему. Поэтому для нормального самочувствия человека должен быть обеспечен тепловой баланс между его организмом и окружающей средой, т.е. интенсивность тепловыделения организма (от 85 Вт в состоянии покоя до 500 Вт при тяжёлой физической работе) должна быть равна интенсивности отдачи тепла во внешнюю среду. В противном случае будет иметь место переохлаждение либо, наоборот, перегрев организма, чему сам организм до определённых пределов способен препятствовать.

Свойство организма человека поддерживать постоянную температуру тела называется *терморегуляцией*. Различают химическую и физическую терморегуляцию.

Химическая терморегуляция заключается в изменении интенсивности усвоения пищи и обмена веществ. Она сопровождается как непосредственно

повышением или понижением (в зависимости от температуры) уровня тепловыделения, так и созданием в организме запаса внутренней (химической) энергии, способной превратиться в тепло при совершении физической работы.

При физической терморегуляции изменяется интенсивность теплоотдачи во внешнюю среду. Различают ниже перечисленные механизмы физической терморегуляции:

1. *Конвекция*, т.е. передача тепла окружающему воздуху при непрерывном обновлении контактирующих с кожей его объёмов (как известно, нагрев воздуха сопровождается его расширением и перемещением более тёплых объёмов вверх). Следует подчеркнуть, что только конвективный тепломассоперенос обеспечивает охлаждение организма, ибо воздух является хорошим теплоизолятором. Интенсивность процесса зависит, главным образом, от температуры воздуха, а влиять на неё можно путём изменения скорости обновления контактирующих с телом объёмов воздуха: замедлить с помощью толстого шерстяного свитера или ускорить путём принудительного обдува. Последний пример показывает, что на интенсивность отдачи тепла влияет и скорость движения воздуха.

2. *Тепловое (инфракрасное) излучение*. Этот механизм охлаждения организма эффективен, когда температура тела заметно выше температуры окружающих предметов. Если последняя, наоборот, выше температуры тела, то получаемое организмом за счёт излучения окружающих предметов количество теплоты окажется больше отдаваемого путём теплового излучения самого человеческого тела.

Организм способен управлять интенсивностью отдачи тепла по первым двум механизмам за счёт расширения или сужения подкожных кровеносных сосудов.

3. *Затрачивание тепла на испарение влаги (пота)*. При температуре воздуха и окружающих предметов выше температуры тела этот механизм остается единственным. Следует подчеркнуть, что охлаждение происходит не в результате выделения пота, а только при его испарении. Поэтому эффект возрастает при интенсификации испарения за счёт уменьшения относительной влажности, роста скорости воздуха, а также температуры. В горных районах на интенсивность испарения может влиять и понижение барометрического давления. Только благодаря испарительному механизму охлаждения, человек способен выживать при температурах выше 42 °С (температура сворачивания белка в клетках коры головного мозга).

При температуре среды около 20 °С теплоотдача составляет: путём конвекции — 31 %, излучения — 43,7 %, испарения — 21,7 %. Остальное тепло расходуется на нагревание вдыхаемого воздуха, пищи, питья (приём горячей пищи и напитков приводит, наоборот, к уменьшению расхода тепла). В состоянии покоя человек отдаёт в среднем 2400 — 2700 кДж в сутки.

Следует отметить, что на интенсивность расхода тепла организмом может напрямую (за счёт теплопередачи) влиять и температура (а также теплопро-

водность) объектов, находящихся в непосредственном контакте с телом. Например, длительное нахождение на холодном и влажном полу (особенно в пропускающей влагу обуви) может привести к переохлаждению организма.

Под *микроклиматом* понимается климат в помещении. Он определяется температурой, влажностью, подвижностью воздуха и атмосферным давлением. Микроклимат влияет на организм человека, поэтому он изучается и нормируется.

К параметрам микроклимата (метеоусловиям) относятся те параметры внешней среды, которые влияют на тепловой баланс организма. Микроклимат помещения характеризуется температурой воздуха, относительной влажностью и скоростью движения воздуха

При определенном сочетании этих параметров наступает комфортное состояние человека, а значения этих параметров называют оптимальными или комфортными.

Оптимальные микроклиматические условия – это такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивает ощущение теплового комфорта и создает предпосылки для высокой работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия – это такое сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать напряжение реакций терморегуляции и которые не выходят за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает нарушений в состоянии здоровья, не наблюдаются дискомфортные теплоощущения, ухудшающие самочувствие, и понижение работоспособности.

Климатические условия помещений оказывают большое влияние на самочувствие и работоспособность человека, на производительность его труда и безопасность работы.

Параметры микроклимата непосредственно влияют на тепловое самочувствие человека и его работоспособность. Например, понижение температуры и повышение скорости воздуха способствуют усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма. При повышении температуры воздуха возникают обратные явления.

На основе этих документов в рабочей зоне производственных помещений должны поддерживаться оптимальные значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха с учетом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и сезона года.

В табл. 8 приведены оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата.

Таблица 8

**Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения
воздуха в рабочей зоне производственных помещений**

Период года	Категория работы	Температура, °С			Относительная влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая на рабочих местах		оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных	оптимальная, не более	допустимая
			постоянных	Не постоянных				
Холодный	Легкая Ia	22-24	21-25	18-26	40-60	не более 75	0,1	Не более 0,1
	Легкая Ib	21-23	20-25	17-25	40-60	не более 75	0,1	Не более 0,2
	Средней тяжести IIa	18-20	17-23	15-24	40-60	не более 75	0,2	Не более 0,3
	Средней тяжести IIб	17-19	15-21	13-23	40-60	не более 75	0,2	Не более 0,4
	Тяжелая III	16-18	13-19	12-20	40-60	не более 75	0,3	Не более 0,5
Теплый	Легкая Ia	23-25	22-28	20-30	40-60	55 (при 28 °С)	0,1	0,1-0,2
	Легкая Ib	22-24	21-28	19-30	40-60	60 (при 27 °С)	0,2	0,2-0,3
	Средней тяжести IIa	21-23	18-29	17-29	40-60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2-0,4
	Средней тяжести IIб	20-22	18-27	15-29	40-60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2-0,5
	Тяжелая III	18-20	15-26	13-28	40-60	75 (при 24 °С)	0,4	0,2- 0,6

3.3. Приборы и оборудование

Для измерения температуры воздуха применяются ртутные и спиртовые термометры с ценой деления не более $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, можно также использовать термопары, термометры сопротивления, термографы, обеспечивающие непрерывную запись температуры на ленте.

Температуру воздушной среды можно измерить также с помощью психрометров и термоанемометров. Если в помещении имеются тепловые излучения, то используется парный термометр.

Относительная влажность воздуха определяется с помощью психрометра Ассмана (рис. 6). Психрометр Ассмана позволяет определять относительную влажность воздуха при её значениях, приближающихся к 100 %. Прибор состоит из двух ртутных термометров: сухого и влажного. Термометры помещены в трубки защиты с воздушным зазором между ними. Резервуар влажного термометра дополнительно обёрнут батистом и размещён во внутренней трубке. В корпусе установлены заводной механизм и вентилятор. Пружина заводного механизма заводится ключом. Время действия механизма после завода 8-10 минут. Прибор работает следующим образом. Вращением вентилятора в прибор всасывается воздух, который проходит между резервуарами термометров и трубками защиты в воздухопроводную трубку к вентилятору и выбрасывается последним наружу через прорези в корпусе. Сухой термометр будет показывать истинную температуру воздуха, а показания влажного термометра будут меньше за счет испарения воды с поверхности батиста, облегающего резервуар. При этом за счет усиления испарения вследствие обдувания влажного термометра достаточно стабильным потоком воздуха повышается чувствительность прибора.

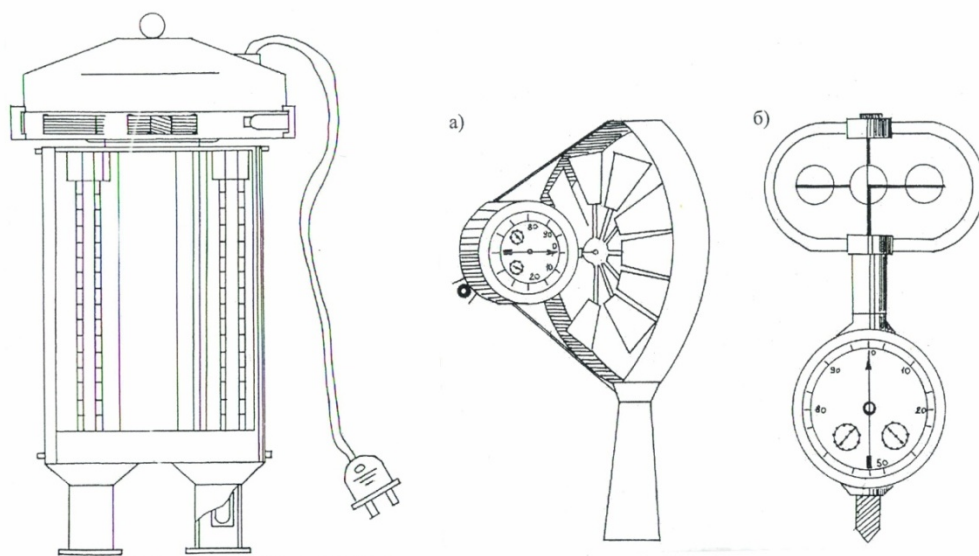


Рис. 3. Схема аспирационного психрометра и анемометров:
а) крыльчатого, б) чашечного

Для измерения скорости движения воздуха применяются крыльчатые, чашечные и термоэлектрические анемометры. Крыльчатые анемометры применяются для измерения скорости ветра от 0,2 до 5 м/с ; чашечные - от 1 до 30 м/с (рис. 3).

3.4. Порядок проведения работы

Определить температуру и относительную влажность воздуха в помещении с помощью аспирационного психрометра.

Подготовка прибора к работе заключается в следующем: с помощью пипетки смочить водой обертку влажного термометра, при этом прибор необходимо вертикально держать головкой вверх, чтобы вода не попала в гильзы и головку прибора. Затем прибор подвешивается в том месте, где необходимо сделать замер. Отсчет показаний температуры необходимо проводить через 2-3 мин во время полного хода вентилятора. По показаниям сухого и мокрого термометров при помощи номограммы (рис. 4) определяют относительную влажность воздуха.

Влажность воздуха можно определить по формулам для абсолютной влажности:

$$e = E_{вл} - a(t_{сух} - t_{вл})H, \text{ Па}; \quad (8)$$

для относительной влажности:

$$u = (e/E_{сух})100\%, \quad \%, \quad (9)$$

где $E_{сух}$ и $E_{вл}$ – упругость насыщенного пара, Па, при температуре $t_{сух}$ и $t_{вл}$ (табл. 9);

$t_{сух}$ и $t_{вл}$ – температура по показаниям сухого и влажного термометров;

a - психрометрический коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха (0,00067 для психрометра Ассмана);

H - барометрическое давление, Па.

Таблица 9

Упругость насыщенных паров, Па, при различных температурах

Температура	Упругость	Температура	Упругость	Температура	Упругость
1	653,64	11	1311,67	21	2486,05
2	701,69	12	1402,32	22	2643,34
3	757,81	13	1496,96	23	2808,63
4	813,26	14	1598,27	24	2983,25
5	872,18	15	1704,91	25	3165,88
6	934,83	16	1816,88	26	3360,49
7	1001,48	17	1936,85	27	3564,44
8	1072,40	18	2063,48	28	3779,06
9	1147,58	19	2196,78	29	4004,33
10	1227,56	20	2338,08	30	4134,97

Именно относительная (а не абсолютная) влажность воздуха определяет скорость испарения. Поэтому она и взята в качестве параметра микроклимата. Повышенная влажность ($> 85\%$) затрудняет испарение пота, а слишком низкая ($< 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек (глаза, дыхательные пути).

Произвести расчет абсолютной и относительной влажности.

Полученные данные занести в табл. 10. Вычисленные значения относительной влажности сравнить с результатом, найденным по номограмме (рис. 4). Расхождение не должно превышать 5% . Полученные значения температуры и влажности сравнивают с нормами (табл. 8) и делают соответствующие выводы.

Таблица 10

Результаты испытаний

Показания термометров		Барометрическое давление, Па	Влажность воздуха			Допустимые значения	
сухого	влажного		абсолютная, Па	относительная, %		темпера- тура, °С	относи- тельная влаж- ность, %
				вычис- ленная	по номо- грамме		

При назначении оптимальных и допустимых диапазонов температуры, относительной влажности и скорости воздуха стандарт исходит, во-первых, из категории тяжести труда (для помещения в целом определяется категорией тяжести труда половины и более работающих).

Все работы подразделяются по тяжести на три ниже перечисленные категории:

1. Категория I (легкая работа). Это работы точного машиностроения, приборостроения, а также конторские работы. Категория делится на две подкатегории:

Ia - суммарные затраты энергии до 120 ккал/час (139 Вт). Выполняются преимущественно сидя;

Iб - суммарные затраты энергии от 120 до 150 ккал/час (до 174 Вт). Выполняются преимущественно стоя.

2. Категория II (средней тяжести). Это работы, связанные с постоянной ходьбой, переноской небольших тяжестей (до 10 кг) и выполняемые стоя (основные процессы в механосборочных, сварочных цехах, в механизированном литейном, кузнечном, прокатном, термическом производстве и т.д.). Категория также подразделяется на две подкатегории:

IIa - суммарные затраты энергии от 150 до 200 ккал/час (до 232 Вт);

IIб - суммарные затраты энергии от 200 до 250 ккал/час (до 290 Вт).

3. Категория III (тяжёлые). Это работы, связанные с систематическим физическим напряжением, с постоянным передвижением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей (ручная ковка, ручная заливка и набивка опок в литейном производстве и т.п.). Суммарные затраты энергии человеческого организма при работах данной категории превышают 250 ккал/час (290 Вт).

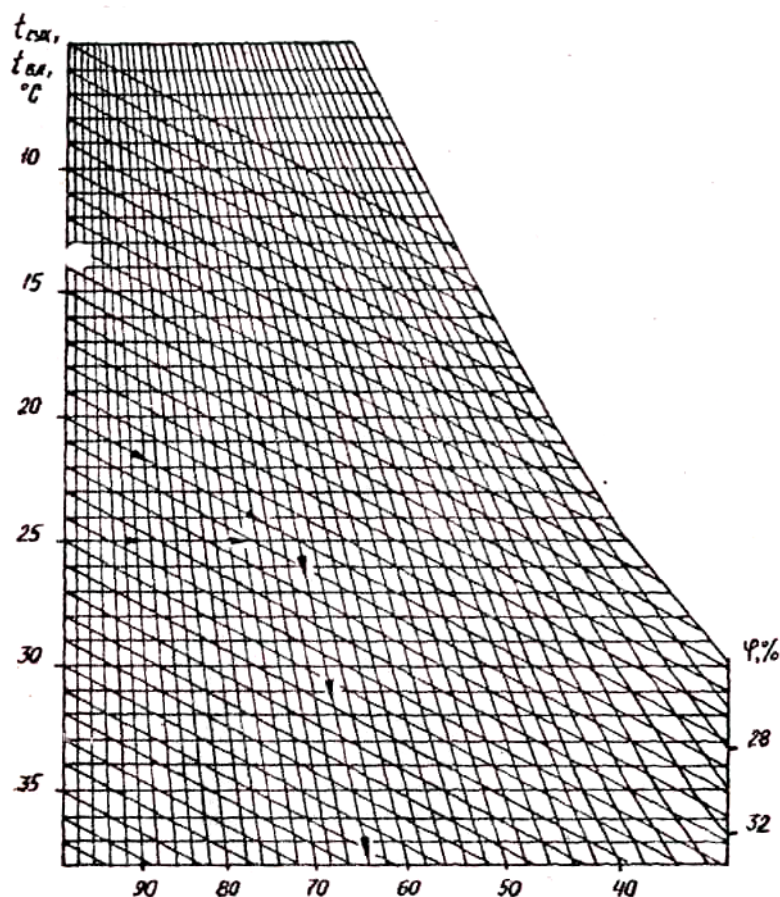


Рис. 4. Номограмма

Как видно из табл. 8, более тяжёлый физический труд требует снижения температуры и допускает повышение скорости движения воздуха.

Во-вторых, нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха зависят от периода года. Различают два периода: тёплый и холодный, разграниченные между собой среднесуточной температурой наружного воздуха. Для некоторого снижения контраста температур наружного воздуха и воздуха в помещении нормируемые для тёплого периода температуры несколько выше, чем требующиеся в холодный период года. Кроме того, для тёплого периода допускается большая скорость движения воздуха, а при повышенных температурах дополнительно ограничивается относительная влажность.

Для определения скорости воздушного потока используют анемометры (рис. 3). При измерениях анемометр устанавливают навстречу воздушному по-

току. Перед началом замера необходимо записать показания всех стрелок прибора. Одновременно включают счетный механизм и секундомер. Через 30 с выключают прибор и снова записывают показания стрелок на циферблате. Замеры необходимо повторить не менее 3 раз. Из двух отсчетов анемометра вычисляют разность, указывающую сколько делений прошла стрелка прибора за время его работы. Разделив полученную величину на длительность опыта, получают число делений в секунду, а затем по тарировочному графику (рис. 8) определяют скорость движения воздуха. Затем находится средний результат измерения и заносится в табл. 11.

Таблица 11

Результаты испытаний

Номер опыта п/п	Начальный отсчет по прибору	Конечный отсчет по прибору	Длительность опыта, с	Число делений в 1 с	Скорость движения воздуха по тарировочному графику, м/с
1					
2					
3					
Среднее значение					

Сравнить результаты измерения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха на рабочем месте с оптимальными и допустимыми величинами, результаты занести в табл. 12. Дать заключение об условиях комфортности в помещении.

Таблица 12

Оценка параметров микроклимата в помещении

Параметр	Оптимальное значение	Допустимое значение	Фактическое значение
Температура, °С			
Относительная влажность, %			
Подвижность воздуха, м/с			

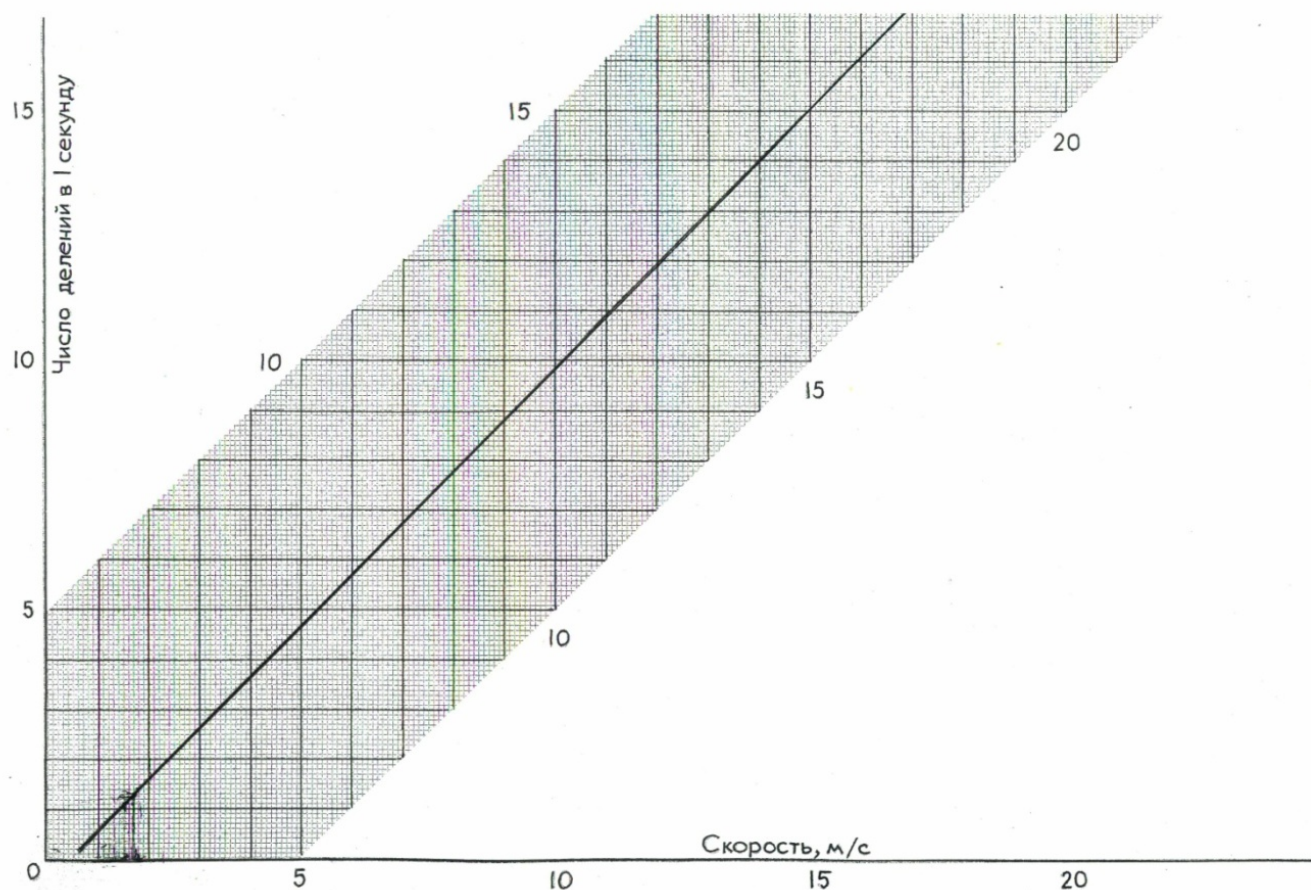


Рис. 5. Тарировочный график

Контроль показателей микроклимата должен производиться в начале, середине и конце холодного и теплого периодов года не менее трёх раз в смену. Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха измеряются на высоте 1,0 м от пола при работах, выполняемых сидя, и на высоте 1,5 м - при работах, выполняемых стоя.

Наиболее эффективным мероприятием, обеспечивающим создание нормальных метеорологических условий, является кондиционирование воздуха. Помимо вентиляции, кондиционирование в наиболее полном виде включает в себя охлаждение или нагрев, осушение или увлажнение приточного воздуха, рациональное распределение воздушных потоков по объёму помещения и даже целенаправленное запрограммированное изменение параметров микроклимата в течение смены. На практике чаще всего применяется общеобменная вентиляция, а в холодный период года - водяное (предпочтительнее) или паровое отопление.

Лабораторная работа № 4

Сравнительная оценка степени влияния автомобилей на загрязнение атмосферного воздуха

4.1. Цель работы

Определение уровня загрязнения воздуха окисью углерода, содержащейся в выхлопных газах автомобилей.

4.2. Общие сведения

Существенной особенностью загрязнения воздушной среды городов, особенно крупных, являются выхлопные газы автотранспорта, которые составляют 60- 80 % от общих выбросов.

Известно, что автотранспорт выбрасывает в воздушную среду более 200 компонентов, среди которых угарный газ, углекислый газ, оксиды азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий и канцерогенная группа углеводородов. При этом наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами.

Так, на небольшой скорости бензиновый двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05 % углеводородов (от общего выброса), а на малом ходу 0,89 %; окиси углерода соответственно – 5,1 % и 13,8 %. При среднегодовом пробеге одного автомобиля 15 тыс. км обедняется атмосфера на 4350 кг кислорода и насыщается 3250 кг углекислого газа, 530 кг окиси углерода, 93 кг углеводородов и 7 кг окислов азота.

4.3. Приборы и оборудование

Для определения скорости ветра используют анемометр, а влажность воздуха можно определить при помощи психрометра (описание приборов – лабораторная работа № 3). Уклон улицы определяется глазомерно или эклиметром.

4.4. Порядок проведения работы

Для осуществления сравнительной оценки степени влияния автотранспорта выбирается три-четыре участка. Определяется загруженность улиц автотранспортом. Сбор материала по загруженности улиц автотранспортом проводится в 8.00-9.00, 12.00-13.00 и 16.00-17.00 часов. Из ряда замеров вычисляется среднее значение. Интенсивность движения автотранспорта производится методом подсчета автомобилей разных типов 3 раза по 20 мин в каждом из сроков замеров.

Автомобили разделяют на 5 категорий: 1, 2, 3, 4, 5. Результаты заносятся в табл. 13. Проводится оценка движения автотранспорта по отдельным улицам. Строятся графики зависимости числа автомобилей от времени суток.

Дается оценка загруженности улиц автотранспортом:

- низкая интенсивность движения – 2,7-3,9 тысяч автомобилей в сутки;
- средняя – 4,0-16,9 тысяч автомобилей в сутки;
- высокая – 17,0-27,0 тысяч автомобилей в сутки.

Таблица 13

Результаты замеров

Тип автомобиля	Время, час		
	8.00-9.00	12.00-13.00	16.00-17.00
1. Легкий грузовой до 1,5 т			
2. Средний грузовой до 5т			
3. Тяжелый грузовой (дизель)			
4. Автобус «Икарус» (дизель)			
5. Легковой			

Производится сравнение суммарной загруженности различных улиц города.

Рассчитываем концентрацию окиси углерода (K_{co} , мг/м³) по следующей формуле

$$K_{co} = (C_{\phi} + 0,01N \cdot K_m) \cdot K_A \cdot K_y \cdot K_c \cdot K_e \cdot K_n, \text{ мг/м}^3, \quad (10)$$

где C_{ϕ} – фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м³;

N – суммарная интенсивность движения автомобилей, авт./час;

K_m – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода.

Коэффициент токсичности определяется по формуле

$$K_m = \sum P_i \cdot K_i, \quad (11)$$

где P_i – состав движения в долях единиц.

Значение K_i определяется по табл. 14.

K_A – коэффициент, учитывающий аэрацию местности, определяется по табл. 15;

K_y – коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона, определяется по табл. 16;

K_c – коэффициент, учитывающий изменение концентрации углерода в зависимости от скорости ветра, определяется по табл. 17;

K_e – коэффициент, учитывающий изменение концентрации углерода в зависимости от влажности воздуха, определяется по табл. 18;

K_n – коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений, определяется по табл. 19.

Таблица 14

Тип автомобиля	Коэффициент K_{mi}
1. Легкий грузовой	2,3
2. Средний грузовой	2,9
3. Тяжелый грузовой (дизель)	0,2
4. Автобус	3,7
5. Легковой	1,0

Таблица 15

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент K_A
Транспортные тоннели	2,7
Транспортные галереи	1,5
Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон	1,0
Жилые улицы с одноэтажной застройкой улицы и дороги в выемке	0,6
Городские улицы и дороги с одноэтажной застройкой, набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи	0,4
Пешеходные тоннели	0,3

Таблица 16

Продольный уклон	Коэффициент K_y
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Таблица 17

Скорость ветра, м/с	Коэффициент K_c
1	2,07
2	2,00

Окончание табл. 17

Скорость ветра, м/с	Коэффициент K_c
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Таблица 18

Относительная влажность воздуха, %	Коэффициент K_v
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75
40	0,60

Таблица 19

Тип пересечения	Коэффициент K_n
Регулируемое пересечение:	
- светофорами обычное	1,8
- светофорами управляемое	2,1
- саморегулируемое	2,0
Нерегулируемое:	
- со снижением скорости	1,9
- кольцевое	2,2
- с обязательной остановкой	3,0

Сравнить значения полученной концентрации с ПДК ($ПДК_{мр} = 5 \text{ мг/м}^3$, $ПДК_{СС} = 3 \text{ мг/м}^3$).

Оксид углерода оказывает на организм человека патогенное действие. Повышение содержания в воздухе оксида углерода приводит к переходу гемоглобина крови в необратимое состояние – карбоксигемоглобин и вызывает развитие гипоксии. Насыщение крови CO обуславливает развитие состояния утомления и снижения трудоспособности. Степень развития гипоксии и ее последствий зависит от концентрации CO в воздухе и времени ее воздействия. Насыщение крови карбоксигемоглобином всего до 4 % уже приводит к увеличению кислородного дефицита в организме, снижению парциального давления кислорода в артериальной крови, изменению физиологических функций органов.

Такая степень насыщения (4 %) устанавливается при определенных условиях (табл. 20).

Таблица 20

Концентрация СО в воздухе, мг/м ³	Время действия, ч
23	24
35	8
117	1

При концентрации оксида углерода 115 мг/м³ в течение нескольких часов нет заметного воздействия, при $C=115 \div 575$ мг/м³ – признаки легкого отравления или раздражения слизистых оболочек через 2-3 часа, при $C=2300 \div 3500$ мг/м³ – отравление через 30 минут, $C=5700$ мг/м³ – опасно для жизни при кратковременном воздействии.

ПДК для оксида углерода в воздухе в течение 8 часов – 10 мг/м³.

Используя полученные в лабораторной работе данные, на примере не менее двух микрорайонов сделать оценку - опасна ли полученная в результате расчетов концентрация СО в воздухе:

- для рабочих, проводивших работу в течение 8 ч;
- для пассажира, простоявшего на автобусной остановке в течение 15 мин;
- для жителей микрорайона.

Лабораторная работа № 5

Определение показателей, характеризующих свойства воды

5.1. Цель работы

Оценка экологического состояния воды по величинам определяемых показателей.

5.2. Теоретические сведения

Вода – объект окружающего мира, с которым человек постоянно сталкивается и постоянно контактирует в повседневной жизни. Непрерывно возрастающая насыщенность питьевой воды химическими примесями неизбежно воздействует на здоровье каждого человека.

Первичную оценку качества воды проводят, определяя ее органолептические характеристики. Эти характеристики воды определяют с помощью органов зрения (мутность, цветность) и обоняния (запах). Одним из показателей, характеризующих качественный химический состав воды, является кислотность (щелочность).

У нейтральной воды показатель рН равен 7. Изменение рН на единицу в сторону уменьшения или увеличения свидетельствует об уменьшении или увеличении в 10 раз концентрации водородных ионов. При избыточном поступле-

нии кислоты из кислотных дождей или стоков в озеро или пруд наблюдается несколько стадий закисления в них воды.

На стадии сильного закисления, когда рН устанавливается на уровне 4,5 (или ниже), в воде появляются в повышенном количестве ионы алюминия и других металлов, вымываемых из почвы.

Изменение рН воды влечет за собой химическую и биологическую перестройку в водной экосистеме, особенно в относительно замкнутой, какой является пруд или небольшое озеро.

При рН от 6,5 до 6,0 погибают улитки, моллюски, ракообразные.

При рН от 6,0 до 5,0 гибнут наиболее чувствительные организмы: многие насекомые, рыбы.

При рН 5,5 и менее основная растительность озера вытесняется мхами и водорослями.

При рН ниже 4,5 в воде вымирают микроорганизмы.

5.3. Приборы и оборудование

Колбы для воды, рН-метр, пробы воды.

5.4. Порядок проведения работы

Пробы воды отбирают в чистую стеклянную посуду. Могут быть отобраны и проанализированы пробы снега (льда) из разных мест: с поля, леса, газона вблизи дороги, у промышленного предприятия и т.д.

Определение запаха воды

Заполняют колбу водой на треть объема и закрывают пробкой. Взбалтывают содержимое колбы. Осторожно открывают колбу, неглубоко вдыхая воздух, сразу же определяют характер и интенсивность запаха. Если запах сразу не ощущается или запах неотчетливый, испытание можно повторить, нагрев воду в колбе до 60 °С (подержав колбу в горячей воде). Интенсивность запаха определяют по 5-ти бальной системе согласно табл. 21.

Таблица 21

Оценка интенсивности запаха

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Оценка интенсивности запаха
Нет	Запах не ощущается	1
Очень слабая	Запах сразу не ощущается, но обнаруживается при тщательном исследовании (при нагревании воды)	2
Нет	Запах не ощущается	1

Окончание табл. 21

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Оценка интенсивности запаха
Слабая	Запах замечается, если обратить на него внимание	3
Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде	4
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья	5

Характер запаха определяют по табл. 22.

Таблица 22

Характер запаха воды

Запах «естественного» происхождения	Запах «искусственного» происхождения
Неотчетливый (или отсутствует)	Неотчетливый (или отсутствует)
Землистый	Нефтепродуктов (бензиновый)
Гнилостный	Хлорный
Торфяной	Уксусный
Травянистый	-
Другой (укажите какой)	Другой (укажите какой)

Определение цветности

Заполняют колбу (пробирку) водой до высоты 10-12 см. Определяют цветность воды, рассматривая пробирку сверху, на белом фоне при достаточном освещении (дневном, искусственном). Наиболее подходящий оттенок подбирают по табл. 23.

Таблица 23

Цветность воды

Цветность воды
Слабо-желтая
Светло-желтая
Желтая
Интенсивно-желтая
Коричневая
Красно-коричневая
Другая (укажите какая)

Определение мутности

Заполняют пробирку водой до высоты 10-12 см. Определяют мутность воды, рассматривая пробирку сверху на темном фоне при достаточном боковом освещении. Оценку мутности воды делают по табл. 24.

Таблица 24

Мутность воды	
Мутность воды	
Прозрачная	
Слабо-мутная	
Мутная	
Очень мутная	

Полученные результаты заносят в табл. 25.

Таблица 25

Характеристика воды	
Характеристика	Вывод (словесное описание)
Запах	
Цветность	
Мутность	

Делают выводы об экологическом состоянии источника, из которого взята проба.

Оценка водопроводной воды, прошедшей через бытовой фильтр

Определяют вкус водопроводной воды. Если установили, что вода не пригодна для питья, то воздерживаются от дегустации. Если вода оказалась пригодной, то набирают немного воды в рот и через несколько секунд выплевывают ее. Во рту остается привкус воды, который определяют по табл. 26.

Таблица 26

Вкус воды	
Вкус водопроводной воды	
Приятный вкус, характерный для качественной воды	
Вкус не очень приятный и отличается от вкуса качественной воды	
Вода оставляет неприятный привкус хлора	
Вкус воды неприятный, заставляющий воздержаться от питья	

Фильтруют водопроводную воду, воспользовавшись бытовым фильтром. Снова проводят органолептическую оценку воды по тем же параметрам.

Делают вывод относительно качества водопроводной воды. Сравнивают показатели профильтрованной и не профильтрованной воды. Записывают полученные результаты и вывод о том, нужно ли фильтровать водопроводную воду.

Определение кислотности воды

Гигиенические требования к качеству питьевой воды определяют в соответствии с ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая», по которым водородный показатель рН не должен превышать нормативов 6,0-9,0. Уровень пресноводных и поверхностных источников водоснабжения не должен выходить за пределы 6,5-8,5.

Определяют показатель рН для каждой пробы воды. На основании измерений заполняют табл. 27.

Таблица 27

Результаты испытаний

Номер пробы	Показатель рН	Заключение о пробе воды
Проба 1		
Проба 2		
Проба 3		

По каждому измерению делают вывод о кислотности воды. Дают заключение о пригодности этой воды для питья (по уровню рН).

Лабораторная работа № 6

Исследование уровней шума

6. 1. Цель работы

Изучение источников шума, параметров шума и приборов. Разработка мероприятий по уменьшению уровня шума.

6.2. Общие сведения

В условиях современного производства широко используются различные механизмы, являющиеся источником интенсивного шума. Шум - это совокупность звуков различной частоты и интенсивности, беспорядочно изменяющихся во времени. Диапазон звуковых колебаний производственного шума колеблется в широких пределах, и в каждом шуме преобладают те или иные звуковые частоты: высокие, средние или низкие. Ухо человека воспринимает звуки с частотой от 16 до 20 000 колебаний в секунду. Максимально чувствительно ухо к

звукам, частота которых находится в диапазоне от 1 000 до 4 000 колебаний в секунду. Высокие звуки более вредны для человеческого организма, чем низкие.

По интенсивности шумов подразделяются на три группы. К первой группе относятся шумы интенсивностью до 80 дБ, не оказывающие вредного влияния на организм человека. Во вторую группу входят шумы интенсивностью от 85 до 135 дБ. Длительное воздействие шума такой интенсивности может привести к снижению слуха. Третью группу составляют шумы интенсивностью свыше 135 дБ. Такие шумы вызывают значительное снижение слуха.

При работе в закрытых помещениях большое значение имеет интерференция звука, когда звуковые волны, отражаясь от стен, интерферируют с волнами, идущими от источника звука, вследствие чего в отдельных участках помещения может создаваться различная интенсивность звука.

Шум возникает в результате механических колебаний упругой среды. В слое воздуха, непосредственно примыкающем к поверхности колеблющегося тела, возникают сжатия и разрежения. Эти сжатия и разрежения чередуются во времени и распространяются в стороны в виде упругой продольной волны, которая достигает нашего уха и воздействует на слуховой анализатор.

Ухо человека воспринимает звуки, частотой от 16 до 20000 Гц. В шуме присутствуют колебания различных частот.

Шум определяется по величине уровня звукового давления, измеряемого в дБ:

$$L_p = 20 \lg P/P_o, \quad (12)$$

где L_p – уровень звукового давления, дБ,

P – звуковое давление источника, Па,

P_o – пороговое значение звукового давления (порог слышимости на частоте 1000 Гц, $P_o = 2 \cdot 10^{-5}$ Па).

К источникам шума на производстве относятся различные пневматические и электрические инструменты, молоты, дробильные установки, двигатели, насосы, компрессоры, турбины, станки, центрифуги и т. д.

6.3. Приборы и оборудование

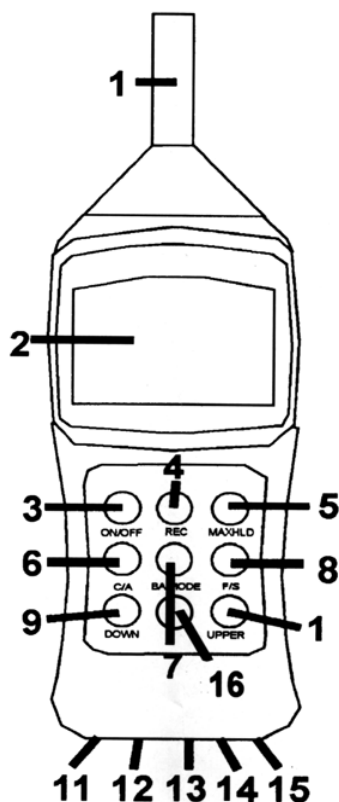


Рис. 6. Схема цифрового измерителя уровня шума:

- 1 – микрофон; 2 – ЖК- дисплей; 3 - ON/OFF – Вкл/Выкл;
4- REC – запись значений; 5- MAXHLD – фиксирует максимальное значение
уровня звука; 6 - C/A –выбор функционального режима измерения А или С;
7- BA MODE – фильтр фонового шума;
8 - F/S - выбор периода времени накопления сигнала (fast/slow);
9-DOWN – настройка диапазона измерений (уменьшение значений);
10 - UPPER - настройка диапазона измерений (увеличение значений);
11 - DC 9V – гнездо для адаптера питания; 12 - CAL - калибровка;
13 - AC OUT – аналоговый выход переменного тока;
14 - DC OUT – аналоговый выход постоянного тока;
15 - RS232 – RS-232 порт; 16 - BACKLIT – Подсветка (только для 8922)

Цифровой измеритель уровня шума имеет автоматический и ручной выбор пределов измерений в шести диапазонах измерений от 30 до 130 дБ. Прибор соответствует стандартам ANSI S1.4 и IEC 651 и имеет разрешение 0,1 дБ.

Поглотитель фонового шума позволяет точно измерять уровни шума даже при сильном фоновом шуме.

Измеритель позволяет выбрать между быстрым и медленным периодами времени накопления сигнала и функциональными режимами А и С.

Через порт RS232 сохраненные данные могут быть обработаны на ПК.

6.4. Порядок проведения работы

Измерение уровня звука. Уровень звука показывается одновременно на цифровом дисплее и аналоговой шкале. Данные на цифровом дисплее обновляются каждые 160 мс, тогда как цифровая шкала обновляется каждые 40 мс.

Нажмите кнопку *ON/OFF* для включения питания прибора. Подождите пока значения на дисплее не обнулятся. Теперь прибор готов к измерениям. Для этого установите микрофон в направлении источника звука для измерения.

Выбор функциональных режимов измерения A и C. При включении прибора по умолчанию выбран режим измерения A. В различных режимах прибор реагирует как ухо человека, увеличивая и уменьшая амплитуду частотного спектра. Режим измерения A может применяться при *OSHA*-тестировании, измерении параметров окружающей среды и рабочего места.

Режим измерения C удобен для измерения плоской амплитудно-частотной характеристики, где практически отсутствует уменьшение или увеличение амплитуды частотного спектра. Режим измерения C может применяться при анализе уровня звука двигателей и производственных механизмов.

Для выбора одного из двух режимов измерений нажмите кнопку *C/A*. Текущий режим измерений высвечивается в правом углу дисплея в виде значков A или C.

Выбор периода времени накопления сигнала. Вы можете выбрать один из двух периодов накопления сигнала - *fast* или *slow*. Как правило, *OSHA*-тестирование проводится при периоде времени накопления сигнала *slow* и режиме измерения A.

При включении прибора по умолчанию установлен режим *fast*. Для установки одного из режимов нажмите кнопку *F/S*. Текущий режим высвечивается в правом углу дисплея в виде значков *FAST* (быстрый) или *SLOW* (медленный).

Фиксация максимального значения. Нажмите кнопку *ON/OFF* для включения питания прибора.

Для активизации функции измерения максимального значения нажмите кнопку *MAXHLD*. На дисплее появится индикатор *MAX HOLD*. Цифровой дисплей останется неизменным, пока прибор не зафиксирует наибольшее значение. При этом текущие значения измерений будут отображаться на аналоговой шкале.

Нажмите кнопку *MAXHLD* еще раз для выхода из этого режима.

Запись максимальных и минимальных результатов измерений.

Нажмите кнопку *ON/OFF* для включения питания прибора.

Нажмите кнопку *REC*. Внизу экрана появится индикатор *REC*. Прибор начнет отслеживать максимальное и минимальное значения уровня звука.

Нажмите кнопку *REC* снова. Внизу экрана появится индикатор *MIN* и дисплей вернет минимальное значение проведенных измерений. В этот момент прибор не записывает показания, тем не менее они отображаются на аналоговой шкале. Нажмите кнопку *REC* снова. Внизу экрана появится индикатор *MAX*

и дисплей вернет максимальное значение уровня звука. В этот момент прибор не записывает, результаты текущих измерений показывает аналоговая шкала.

Для проведения новых измерений в данном режиме нажмите еще раз кнопку *REC* и прибор начнет запись новых значений.

Для выхода из данного режима измерений нажмите и удерживайте кнопку *REC*, пока не исчезнет значок *REC*.

Проведение измерений в режиме фильтра фоновых шумов

Данная функция позволит Вам точно измерить уровень производственного шума даже при сильном фоновом шуме.

1. Нажмите кнопку *ON/OFF* для включения питания прибора.
2. Нажмите кнопку *MAXHLD*. На экране появится индикатор *MAX HOLD*.
3. Нажмите кнопку *BA MODE*. Слева от значка *SPL* (уровень звукового давления) появится значок *F*. Цифровой дисплей будет показывать уровень фонового шума.

4. Нажмите кнопку *MAXHLD* снова, и на экране появится *MAX HOLD*. Теперь прибор будет измерять уровень шума оборудования.

5. Включите прибор, уровень шума которого Вы хотите измерить и запишите новое показание дисплея. Данное значение является уровнем шума, отфильтрованным от фонового шума. Если значение не изменилось, то фоновый шум превышает шум прибора.

6. Для выхода из данного режима измерений нажмите кнопку *MAXHLD*, затем *BA MODE*.

Выбор автоматического и ручного диапазона измерений

Прибор имеет шесть диапазонов измерений с шагом в 10 дБ: 30~80 дБ, 40~90 дБ, 50~100 дБ, 60~110 дБ, 70~120 дБ, 80~130 дБ.

При включении питания прибора по умолчанию он установлен на автоматический режим выбора пределов измерений и в левой части дисплея отображается значок *AUTO*. Двухзначное число слева от аналоговой шкалы указывает на нижний предел текущего диапазона измерений.

Кроме того, Вы можете также выбрать диапазон вручную. Это удобно, когда диапазон измерений заранее известен. Это ускорит процесс измерений.

Для установки диапазона используйте кнопки *DOWN* и *UPPER* (понижение и увеличение значений соответственно). На дисплее появится индикатор *MANU*. Двухзначное число слева от аналоговой шкалы указывает на нижний предел текущего диапазона измерений.

Нажмите и удерживайте кнопки *DOWN* и *UPPER* для возврата в режим автоматического выбора пределов измерений.

Если прибор работает в режиме ручного выбора пределов и на дисплее высвечивается индикатор *UNDR*, значит звук слишком тихий для данного диапазона. Индикатор *UPPER* свидетельствует о слишком громком уровне звука для выбранного диапазона. В любом случае при неверном выборе диапазона результаты измерений будут неточными.

Автоматическое выключение

Измеритель выключится автоматически через 20 минут, чтобы сохранить заряд батареи.

Чтобы отменить эту функцию:

1. Убедитесь, что прибор выключен.
2. Нажмите кнопки *ON/OFF* и *MAXHLD* одновременно.
3. При появлении полного дисплея, отпустите кнопку *MAXHLD*.
4. Теперь отпустите кнопку *ON/OFF*. Прибор останется включенным, пока не будет снова нажата кнопка *ON/OFF*.

Функция автоматического выключения питания включится автоматически при следующем включении питания прибора.

Проводят измерение уровня звука на рабочих местах. Полученные данные сводят в табл. 28.

Таблица 28

Результаты испытаний

Источник шума	Расстояние от источника шума до рабочего места, м	Уровни звукового давления, дБ	Нормативное значение

Сравнивают результаты замеров с предельно допустимыми значениями интенсивности шума, приведенными в табл. 29.

Таблица 29

Предельно допустимые уровни звукового давления для основных видов трудовой деятельности

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									
Наименование	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Уровни звука, дБА
Уровни звукового давления, дБ									
Рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	79	70	68	58	55	52	52	49	60

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									
Наименование	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Уровни звука, дБА
Уровни звукового давления, дБ									
Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах машинного бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Рабочие места в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	91	83	77	73	70	68	66	64	75
На постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Если шум в исследуемом помещении превышает предельно допустимые величины, вносят предложения по уменьшению уровней звукового давления.

Профилактика

Меры по профилактике, в первую очередь, должны быть направлены на уменьшение интенсивности, частоты производственного шума. Важное значение имеют обновление оборудования, использование звукопоглощающих и звукоизолирующих материалов. Недопустим выпуск механизмов, которые создают при работе шум, превышающий предельно допустимый уровень. Из индивидуальных средств защиты применяются антифоны, авиационные шлемы, противозумные вкладыши, наушники. В течение рабочей смены должны быть перерывы для отдыха слухового аппарата.

Периодические медицинские осмотры проводятся не реже одного раза в 2 года с обязательным участием отоларинголога, терапевта и невролога и проведением аудиометрии.

К медицинским противопоказаниям, препятствующим приему на работу в условия интенсивного шума, относятся: стойкая тугоухость хотя бы на одно ухо любой этиологии, хронический гнойный эптимпанит, выраженные нарушения функции вестибулярного аппарата любого происхождения, выраженные органические и функциональные заболевания нервной системы (неврастения, невриты, полиневриты, эпилепсия и др.), психические заболевания, болезни сердечно-сосудистой системы (гипертоническая болезнь, стенокардия и др.), язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки.

Практическое задание № 1

Расчет циклонов

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются автомобили, промышленные предприятия и тепловые электростанции. Ежегодно в воздух предприятиями черной и цветной металлургии, промышленности строительных материалов выбрасывается более 250 млн т мелкодисперсной пыли. Загрязнение атмосферы оказывает неблагоприятное воздействие на человека, флору и фауну, различные сооружения и транспортные средства и др. Очистка промышленных выбросов осуществляется в аппаратах сухой и мокрой очистки. Одним из аппаратов сухой очистки является циклон.

Принцип работы циклона. Широкое применение для сухой очистки газов от пыли получили циклоны различных типов. В настоящее время применяется около двадцати типов циклонов. Сравнительные испытания циклонов различного типа показали, что для промышленного применения они могут быть ограничены в большинстве случаев цилиндрическими и коническими циклонами НИИОГАЗ (научно-исследовательский институт по промышленной и санитарной очистке газов). Наиболее часто применяются цилиндрические циклоны марок ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24, конические СК ЦН-34, СК ЦН-34М, СДК ЦН-33, конструктивные схемы которых представлены на рис.7. Геометрические размеры цилиндрических и конических циклонов указываются в долях от внутреннего диаметра.

Эффективность циклона выше, чем больше диаметр частиц пыли, её удельный вес, скорость вращения газового потока и чем меньше диаметр циклона. Под действием центробежной силы частицы пыли образуют на стенках циклона пылевой слой, который постепенно опускается в бункер. Отделение частиц пыли от газа, попавшего в бункер, происходит при повороте газового потока в бункере на 180 °С. Освободившись от пыли, газовый поток образует вихрь и выходит через выходную трубу. Циклоны не применяются для очистки влажных газов и взрывоопасных сред.

Циклоны НИИОГАЗ подразделяются на высокоэффективные и высокопроизводительные. Циклоны СДК ЦН-33, СК ЦН 34, ЦН-1 относятся к высокоэффективным циклонам. При диаметрах менее 1 м они обеспечивают степень очистки $\eta = 0,85 - 0,95$ при улавливании частиц диаметром более 5 мкм. Циклоны типа ЦН-24 относятся к высокопроизводительным, они могут надежно и без забивания работать при высокой входной запыленности. Циклоны типа ЦН-15 занимают среднее положение и обеспечивают несколько меньшую степень очистки, чем циклоны ЦН-11, но обладают большей надежностью при работе в условиях повышенной запыленности.

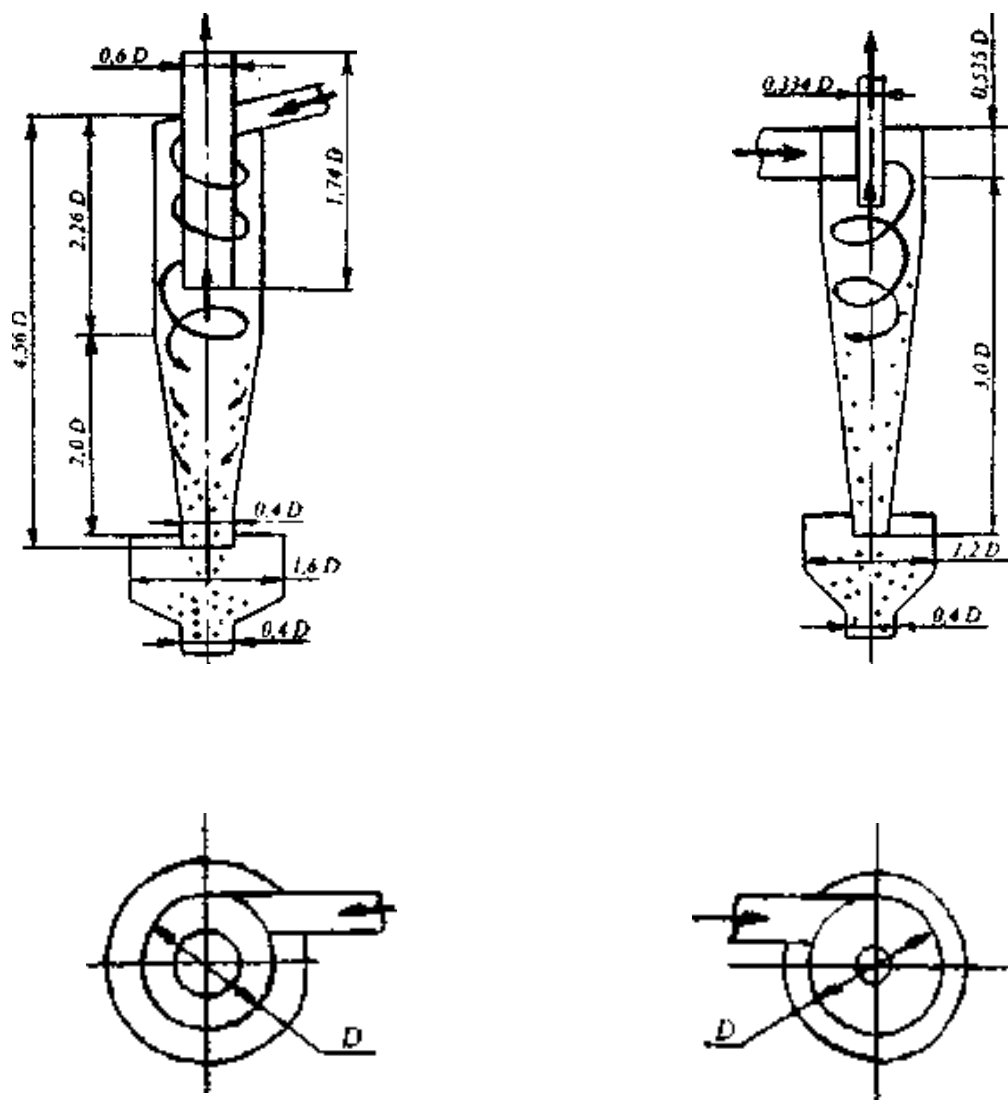


Рис. 7. Схема циклона:
а) циклон цилиндрический; б) циклон конический

При выборе и расчете циклонов необходимо учитывать свойства пыли - абразивность и слипаемость. Для уменьшения абразивного износа следует выбирать циклоны, исходя из наименьших значений скорости газа. При улавливании сильно слипающейся пыли не рекомендуется применять циклоны малого диаметра (менее $0,8$ м), которые склонны к залипанию. Так для очистки газов от сажи применяются конические циклоны серии СК, которые обладают высокой эффективностью за счет более высоко гидравлического сопротивления.

Расчет циклонов ведут методом последовательных приближений.

Параметры, определяющие эффективность циклонов

Параметры	Тип циклона						
	ЦН-24	ЦН-15У	ЦН-15	ЦН-11	СДК ЦН-33	СКЦН-34	СК ЦН 34М
$\omega_{оп}$, м/с	4,5	3,5	3,5	3,5	2,0	1,7	2,0
d_{50}^T , мкм	8,50	6,00	4,50	3,65	2,31	1,95	1,13
$\lg \delta_{\eta}^T$	0,308	0,283	0,352	0,352	0,364	0,308	0,340

$\omega_{оп}$ - скорость движения газа в циклоне, м/с,

d_{50}^T - диаметр частиц, осаждаемых с эффективностью 50 %, мкм,

$\lg \delta_{\eta}^T$ - стандартное отклонение функции распределения парциальных коэффициентов очистки.

Расчет начинают с циклона, для которого диаметр частиц пыли должен быть ориентировочно $d_m > 2d_{50}^m$, где d_m - медианный размер частиц, который представляет такой размер, при котором количество частиц крупнее d_m , равно количеству частиц мельче d_m .

Диаметр циклона вычисляется по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \omega_{оп}}}, \quad (13)$$

где Q - количество очищаемого газа, м³/с;

$\omega_{оп}$ – скорость движения газа в циклоне, м/с.

Полученное значение диаметра D округляется до ближайшего типового значения внутреннего диаметра циклона $D_{ц}$ (табл. 31).

Таблица 31

Типовые значения внутреннего диаметра циклона

$D_{ц}$, м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

По выбранному диаметру циклона находится действительная скорость движения газа в циклоне:

$$\omega_p = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_{ц}^2}, \text{ м/с}, \quad (14)$$

где $D_{ц}$ - типовое значение внутреннего диаметра циклона, м.

Действительная скорость в циклоне не должна отклоняться от оптимальной более чем на 15%:

$$100 * \left| \frac{\omega_p - \omega_{оп}}{\omega_{оп}} \right| \leq 15\%, \quad (15)$$

где ω_p – действительная скорость движения газа в циклоне, м/с;

$\omega_{оп}$ – скорость движения газа в циклоне, м/с, табл. 4.

При отклонении более чем 15% выбирают другой тип циклона.

Величина d_{50} определяется по формуле

$$d_{50} = d_{50}^T * \sqrt{\frac{D_{ц} * \rho_q * \mu}{D_T * \rho_{qm} * \mu_T * \omega_p}}. \quad (16)$$

Значение d_{50}^T соответствует следующим параметрам работы циклона:

$$- \omega_T = 3,5 \text{ м/с};$$

$$- D_T = 0,6 \text{ м};$$

$$- \rho_{qm} = 1930 \text{ кг/м}^3;$$

$$- \mu_T = 22,2 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

С учетом этих значений формула (16) принимает вид

$$d_{50} = d_{50}^T * \sqrt{\frac{D_{ц} * 1930 * \mu}{0,6 * \rho_q * 22,2 \cdot 10^{-6} * \omega_p}}, \quad (17)$$

где μ – вязкость газа при рабочей температуре, Па·с;

ρ_q – плотность частиц пыли, кг/м³.

Полученное значение d_{50} должно быть меньше d_m (заданного). Если это не выполняется, то необходимо выбрать другой циклон с меньшим значением d_{50}^T .

Расчет параметра X ведут по формуле

$$X = \frac{\lg(d_m/d_{50})}{\sqrt{\lg(\delta_\eta^T)^2 + \lg(\delta_q)^2}}, \quad (18)$$

где d_m – медианный размер частиц пыли, мкм;

$\lg \delta_q$ – стандартное отклонение размеров частиц пыли;

$\lg \delta_\eta^T$ – стандартное отклонение функции распределения парциальных коэффициентов очистки.

По величине параметра X определяют значение нормальной функции распределения $\Phi(X)$ (это полный коэффициент очистки газа, выраженный в долях):

$$\Phi(X) = \begin{cases} 0,3762 \cdot X + 0,5, & 0 \leq X \leq 0,6; \\ 1 - \frac{1}{5,8 \cdot X + 0,5}, & X > 0,6. \end{cases}$$

Эффективность очистки газа в циклоне определяются

$$\eta = \frac{1 + \Phi(X)}{2} . \quad (19)$$

Полученное значение сопоставляют с требуемым. Если η окажется меньше требуемого, то необходимо выбрать другой тип циклона с меньшим значением ω_{on} и d_{50}^T .

Коэффициент гидравлического сопротивления циклона можно найти по формуле

$$\xi = K_1 * K_2 * \xi_{500} , \quad (20)$$

где K_1 - поправочный коэффициент на диаметр циклона (табл. 32);

K_2 - поправочный коэффициент на запыленность газа (табл. 33);

ξ_{500} - коэффициент гидравлического сопротивления одиночного циклона диаметром 500 мм (табл. 34).

Таблица 32

Поправочный коэффициент K_1

$D_{ц}, м$	ЦН-11	ЦН-15, ЦН-15У, ЦН-24	СДК ЦН-3, СДК ЦН-34, СДК ЦН-34М
0,2	0,95	0,90	1,00
0,3	0,96	0,93	1,00
0,4	0,99	1,00	1,00
$\geq 0,5$	1,00	1,00	1,00

Таблица 33

Поправочный коэффициент K_2

Тип циклона	Запыленность на входе, $г/м^3$ ($C_{вх}$)						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1,00	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	0,85
ЦН-15	1,00	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-15У	1,00	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
ЦН-24	1,00	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86
СДК ЦН-33	1,00	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СК ЦН-34	1,00	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СК ЦН-34М	1,00	0,99	0,97	0,95	-	-	-

Коэффициент гидравлического сопротивления ξ_{500}

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15, ЦН-15У	ЦН-11	СДК ЦН-33	СК ЦН-34 СК ЦН-34М
ξ_{500}	75	155	245	520	1050

Вычисление гидравлического сопротивления циклона производят по формуле

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \omega_p^2}{2}, \text{ Па}, \quad (21)$$

где ρ - плотность газа, кг/м³;

ω_D - скорость газа в циклоне, м/с.

Расчет мощности привода подачи газа. Величина гидравлического сопротивления и объемный расход (Q) очищаемого газа определяют мощность (N) привода устройства для подачи газа к циклону:

$$N = \frac{K_3 \Delta P Q}{\eta_M \eta_B}, \text{ Вт}, \quad (22)$$

где K_3 - коэффициент запаса мощности, ($K_3 = 1,2$);

η_M - КПД передачи мощности от электродвигателя к вентилятору ($\eta = 0,8$);

η_B - КПД вентилятора ($\eta_B = 0,8$).

Определение концентрации пыли на выходе из циклона :

$$C_{\text{ВЫХ}} = C_{\text{вх}}(1 - \eta), \text{ г/м}^3, \quad (23)$$

где η – эффективность очистки газа в циклоне.

Пример расчета

Исходные данные :

оборудование - вращающаяся цементная печь;

количество очищаемого газа $Q=12 \text{ м}^3/\text{с}$;

плотность газа $\rho=1,29 \text{ кг/м}^3$;

медианный диаметр частиц пыли $d_m=18 \text{ мкм}$;

стандартное отклонение размеров частиц пыли $lg\delta_q=0,652$;

запыленность на входе $C_{\text{вх}}=20 \text{ г/м}^3$;

плотность частиц $\rho_q=2000 \text{ г/м}^3$;

требуемая эффективность очистки газа в циклоне $\eta=0,8$.

Решение:

Исходя из заданного размера частиц пыли ($d_M = 18$ мкм ($18 > 2 \cdot 8,5$)), выбираем циклон, который очищает от частиц пыли размером $d_{50}^T = 8,5$ мкм.

Циклон: ЦН - 24

$$\omega_{оп} = 4,5 \text{ м/с}, \quad d_{50}^T = 8,5 \text{ мкм}, \quad \lg \delta_{\eta}^T = 0,308.$$

Определяем диаметр циклона:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12}{\pi \cdot 4,5}} = 1,84 \text{ м.}$$

По табл. 2 выбираем ближайшее значение типового диаметра $D_{ц} = 1,8$ м. Действительная скорость движения газа в циклоне

$$\omega_p = \frac{4 \cdot 12}{\pi \cdot 1,8^2} = 4,72 \text{ м/с.}$$

$$100 \left| \frac{4,72 - 4,5}{4,5} \right| = 4,8\% < 15\%.$$

$$\text{Диаметр частиц } d_{50} = 8,5 * \sqrt{\frac{1,8}{0,6} * \frac{1930}{2000} * \frac{17,3 \cdot 10^{-6}}{22,2 \cdot 10^{-6}} * \frac{3,5}{4,72}} = 9,7 \text{ мкм.}$$

$$d_{50} = 9,7 < d_M = 18 \text{ мкм.}$$

$$\text{Параметр } X = \frac{\lg\left(\frac{18}{9,7}\right)}{\sqrt{0,308^2 + 0,652^2}} = 0,372.$$

$$\Phi(X) = 0,3762 * 0,372 + 0,5 = 0,64.$$

Эффективность очистки газа в циклоне

$$\eta = \frac{1 + 0,64}{2} = 0,82, \quad \eta > 0,8.$$

$$\text{Коэффициент гидравлического сопротивления циклона } \xi = 1 \cdot 0,93 * 75 = 69,75.$$

Гидравлическое сопротивление циклона

$$\Delta \xi = 69,75 * \frac{1,29 * 4,72^2}{2} = 1002 \text{ Па.}$$

$$\text{Мощность привода } N = \frac{1,2 * 1002 * 12}{0,8 * 0,8} = 22551 \text{ Вт.}$$

$$\text{Концентрация пыли на выходе } C_{вых} = 20 * (1 - 0,812) = 3,76 \text{ г/м}^3.$$

Выводы: для очистки выбран циклон ЦН - 24;

$$D_{ц} = 1,8 \text{ м;}$$

$$\eta = 0,82;$$

$$N = 22551 \text{ Вт; } C_{вых} = 3,76 \text{ г/м}^3.$$

Задания по вариантам

Вариант 1. Рассчитать циклон для заданного источника выделения пыли. Вращающаяся цементная печь. Объем очищаемого газа $Q=10 \text{ м}^3/\text{с}$; плотность газа при рабочих условиях $\rho=1,29 \text{ кг/м}^3$; вязкость газа при рабочей температуре $\mu=17,3 \text{ Па}\cdot\text{с}$; медианный диаметр частиц пыли $d_m=7 \text{ мкм}$; стандартное отклонение размеров частиц пыли $lg\delta_q=0,345$; входная концентрация пыли $C_{вх}=40 \text{ г/м}^3$; $\rho_q=2000 \text{ кг/м}^3$; требуемая эффективность очистки газа $\eta=0,80$.

Вариант 2. Рассчитать циклон для заданного источника выделения пыли. Вращающаяся печь обжига. Объем очищаемого газа $Q=2 \text{ м}^3/\text{с}$; плотность газа при рабочих условиях $\rho=1,29 \text{ кг/м}^3$; вязкость газа при рабочей температуре $\mu=17,3 \text{ Па}\cdot\text{с}$; медианный диаметр частиц пыли $d_m=13 \text{ мкм}$; стандартное отклонение размеров частиц пыли $lg\delta_q=0,215$; входная концентрация пыли $C_{вх}=100 \text{ г/м}^3$; $\rho_q=2900 \text{ кг/м}^3$; требуемая эффективность очистки газа $\eta=0,85$.

Вариант 3. Рассчитать циклон для заданного источника выделения пыли. Барабанная сушилка. Объем очищаемого газа $Q=8 \text{ м}^3/\text{с}$; плотность газа при рабочих условиях $\rho=1,29 \text{ кг/м}^3$; вязкость газа при рабочей температуре $\mu=17,3 \text{ Па}\cdot\text{с}$; медианный диаметр частиц пыли $d_m=20 \text{ мкм}$; стандартное отклонение размеров частиц пыли $lg\delta_q=0,352$; входная концентрация пыли $C_{вх}=10 \text{ г/м}^3$; $\rho_q=2700 \text{ кг/м}^3$; требуемая эффективность очистки газа $\eta=0,85$.

Вариант 4. Рассчитать циклон для заданного источника выделения пыли. Цементная мельница. Объем очищаемого газа $Q=5 \text{ м}^3/\text{с}$; плотность газа при рабочих условиях $\rho=1,29 \text{ кг/м}^3$; вязкость газа при рабочей температуре $\mu=17,3 \text{ Па}\cdot\text{с}$; медианный диаметр частиц пыли $d_m=12 \text{ мкм}$; стандартное отклонение размеров частиц пыли $lg\delta_q=0,468$; входная концентрация пыли $C_{вх}=60 \text{ г/м}^3$; $\rho_q=2900 \text{ кг/м}^3$; требуемая эффективность очистки газа $\eta=0,85$.

Вариант 5. Рассчитать циклон для заданного источника выделения пыли. Наждачный станок. Объем очищаемого газа $Q=0,5 \text{ м}^3/\text{с}$; плотность газа при рабочих условиях $\rho=1,29 \text{ кг/м}^3$; вязкость газа при рабочей температуре $\mu=17,3 \text{ Па}\cdot\text{с}$; медианный диаметр частиц пыли $d_m=38 \text{ мкм}$; стандартное отклонение размеров частиц пыли $lg\delta_q=0,214$; входная концентрация пыли $C_{вх}=10 \text{ г/м}^3$; $\rho_q=2500 \text{ кг/м}^3$; требуемая эффективность очистки газа $\eta=0,85$.

Практическое задание № 2

Расчет загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами

При проектировании промышленных предприятий требуется проводить расчет загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами. Расчет проводят с целью определения загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов и промышленных площадок. Полученные расчетным путем концентрации вредных веществ в воздухе сравнивают с величиной предельно-допустимых концентраций этих веществ в воздухе рабочей зоны промышлен-

ных предприятий $ПДК_{рз}$ и среднесуточной предельно-допустимой концентрацией вредного вещества в воздухе населенных пунктов $ПДК_{сс}$, которые указаны в табл. 35.

Таблица 35

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ

Вредное вещество	Химическая формула	$ПДК_{рз}$	$ПДК_{сс}$
Азота диоксид	NO_2	5	0,085
Аммиак	NH_3	20	0,2
Ацетон	CH_3COOH_3	200	0,35
3,4 бензпирен	$C_{20}H_{12}$	0,00015	10^{-6}
Железа оксид	Fe_2O_3	6	0,04
Кремнеземсодержащая пыль	SiO_2	2	0,05
Сажа	C	4	0,05
Свинец	Pb	0,007	0,003
Серы диоксид	SO_2	10	0,05
Углерода оксид	CO	20	1

При превышении этих концентраций необходимо предусмотреть мероприятия по снижению уровня загрязнения, например, повышение эффективности очистных устройств, сооружение газоочистных установок, совершенствование технологических процессов и установок, увеличение высоты труб, уменьшение выброса соседних предприятий.

При расчете загрязнения учитывается все одновременно действующие источники вредных выбросов, а также существующий фон загрязнения. При расчете степени загрязнения необходимо учитывать возникновение вблизи зданий при обтекании их воздушным потоком циркуляционных зон (замкнутых, плохо проветриваемых). С этой точки зрения промышленные здания делятся на два типа - узкие и широкие.

Здание считается узким, если его ширина не превышает 2,5 высоты здания ($B < 2,5 H_{зд}$). При обтекании воздушным потоком узкого здания над ним и за ним возникает единая циркуляционная зона, распространяемая от наветренной стороны здания на расстояние шесть его высот ($6 H_{зд}$). Высота этой зоны в среднем составляет $1,8 H_{зд}$ (рис.8, а).

Здание считается широким, если его ширина превышает 2,5 высоты здания ($B > 2,5 H_{зд}$). При обтекании воздушным потоком широкого здания над ним возникает наветренная циркуляционная зона длиной $2,5 H_{зд}$ и высотой $0,8 H_{зд}$, а за ним заветренная циркуляционная зона длиной $4 H_{зд}$ и высотой около $H_{зд}$ (рис. 8, б).

Источники выброса вредных веществ могут быть точечными и линейными. Точечный источник - отдельная труба (рис. 9, а). Линейный источник - аэрационные фонари здания, близко расположенные шахты и трубы (рис. 9, б).

Расчет концентрации вредных веществ ведут с учетом вида здания (узкое или широкое), вида источника вредных выбросов (точечный или линейчатый). За расчетное принимают направление ветра, перпендикулярное продольной стороне здания.

Расчетные формулы представлены в табл. 36.

Условные обозначения:

C - концентрация вредных веществ, мг/м³;

M - масса вредных веществ, выбрасываемых источником в атмосферу в единицу времени, г/с;

K - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние возвышения устья источника на уровень загрязнения (при выбросе в наветренную или единую циркуляционную зону $K=1$);

V - расчетная сила ветра, принимается по рекомендации Главного санитарно-эпидемиологического управления равной 1 м/с;

$H_{зд}$ - высота здания от поверхности земли до его крыши при плоской кровле, до конька при двускатной кровле, до верха карниза фонаря при продольных фонарях, расположенных ближе 3 м от наветренной стены здания, м;

L - длина здания, м;

B - ширина здания, м;

X - расстояние от наветренной стороны здания до расчетной точки, м;

S_1 - вспомогательная безразмерная величина, позволяющая определять концентрации вредных веществ на расстоянии y , м, по перпендикуляру от оси факела выбросов.

$$S_1 = e^{-\frac{30y^2}{(1,4 \cdot L + B + X)^2}}, \quad (24)$$

где m - безразмерный коэффициент, показывающий, какое количество выделяемых источником примесей, участвующих в загрязнении атмосферы ($m=1$).

Формулы для расчета

Источник	Зона расчета	Расчетные формулы
Узкое отдельно стоящее здание		
Точечный	$0 \leq X \leq 6H_{30}$	$C = \frac{1,3MK}{V} \left(\frac{0,6}{H_{30}L} + \frac{42S_1}{(1,4L + B + X)^2} \right)$
	$X > 6H_{30}$	$C = \frac{55MkS_1}{V(1,4L + B + X)^2}$
Линейный	$0 \leq X \leq 6H_{30}$	$C = \frac{2MK}{V \cdot L \cdot H_{30}}$
	$X > 6H_{30}$	$C = \frac{7,2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L(B + X)}$
Широкое отдельно стоящее здание		
Точечный	$0 \leq X \leq 4H_{30}$	$C = \frac{5,6 \cdot M \cdot k \cdot m \cdot S_1}{V \cdot L \cdot H_{30}}$
	$X > 4H_{30}$	$C = \frac{15 \cdot M \cdot k \cdot S_1}{V \cdot L \cdot (B + X)}$
Линейный	$0 \leq X \leq 4H_{30}$	$C = \frac{2,8 \cdot M \cdot m \cdot K}{V \cdot L \cdot H_{30}}$
	$X > 4H_{30}$	$C = \frac{7,2 \cdot M \cdot K}{V \cdot L \cdot (B + X)}$

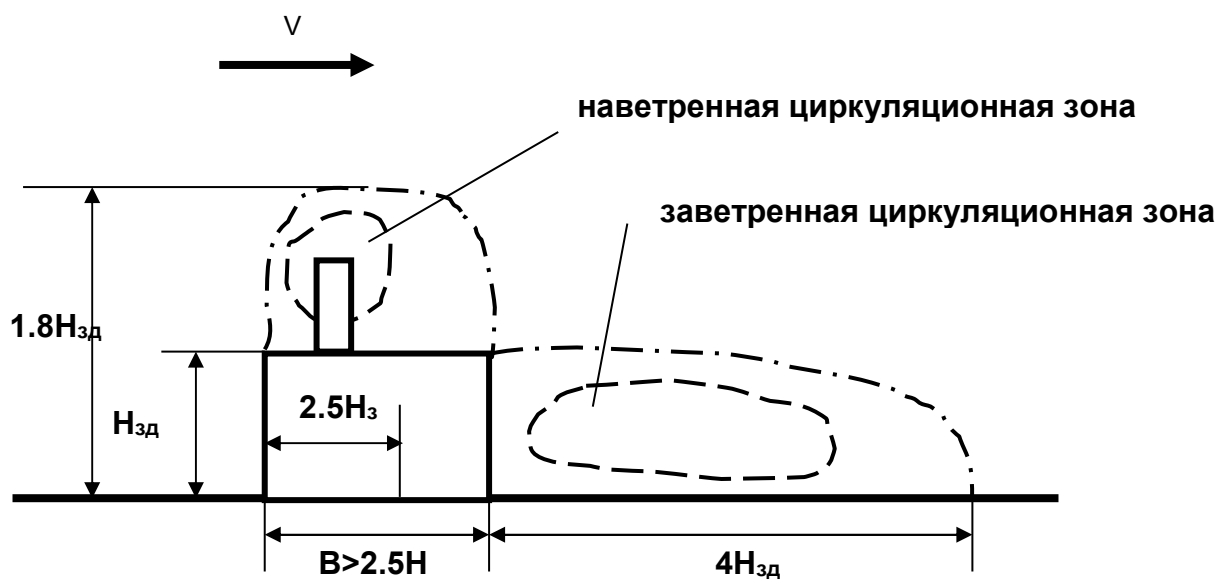
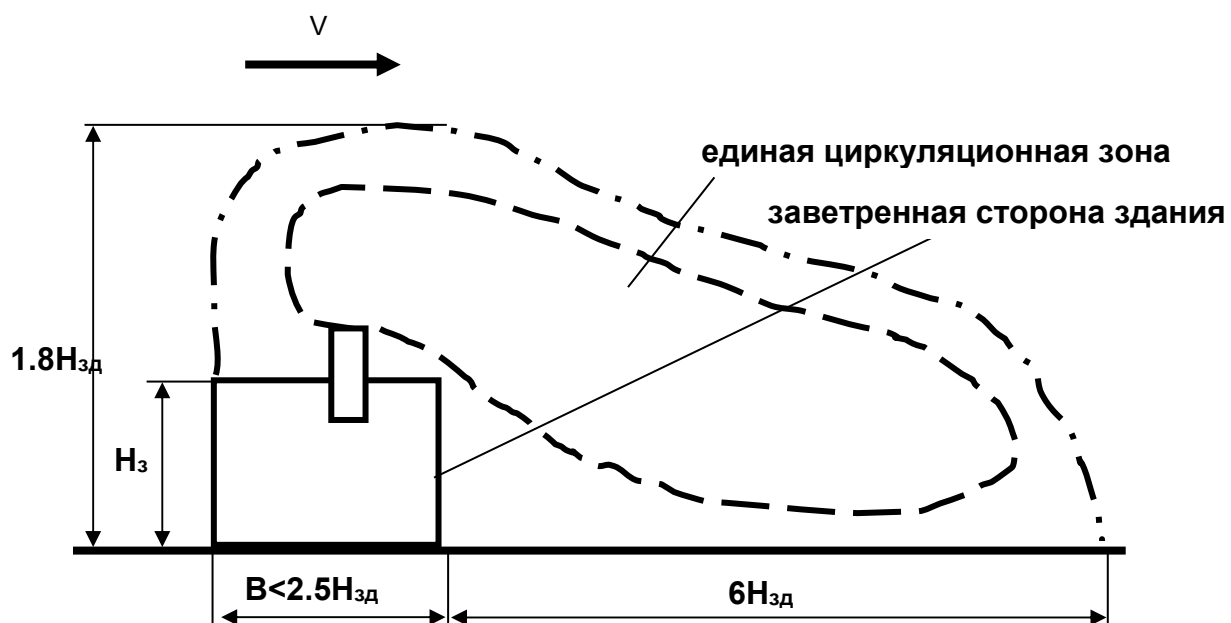


Рис 8. Типы зданий:
а) узкое здание; б) широкое здание

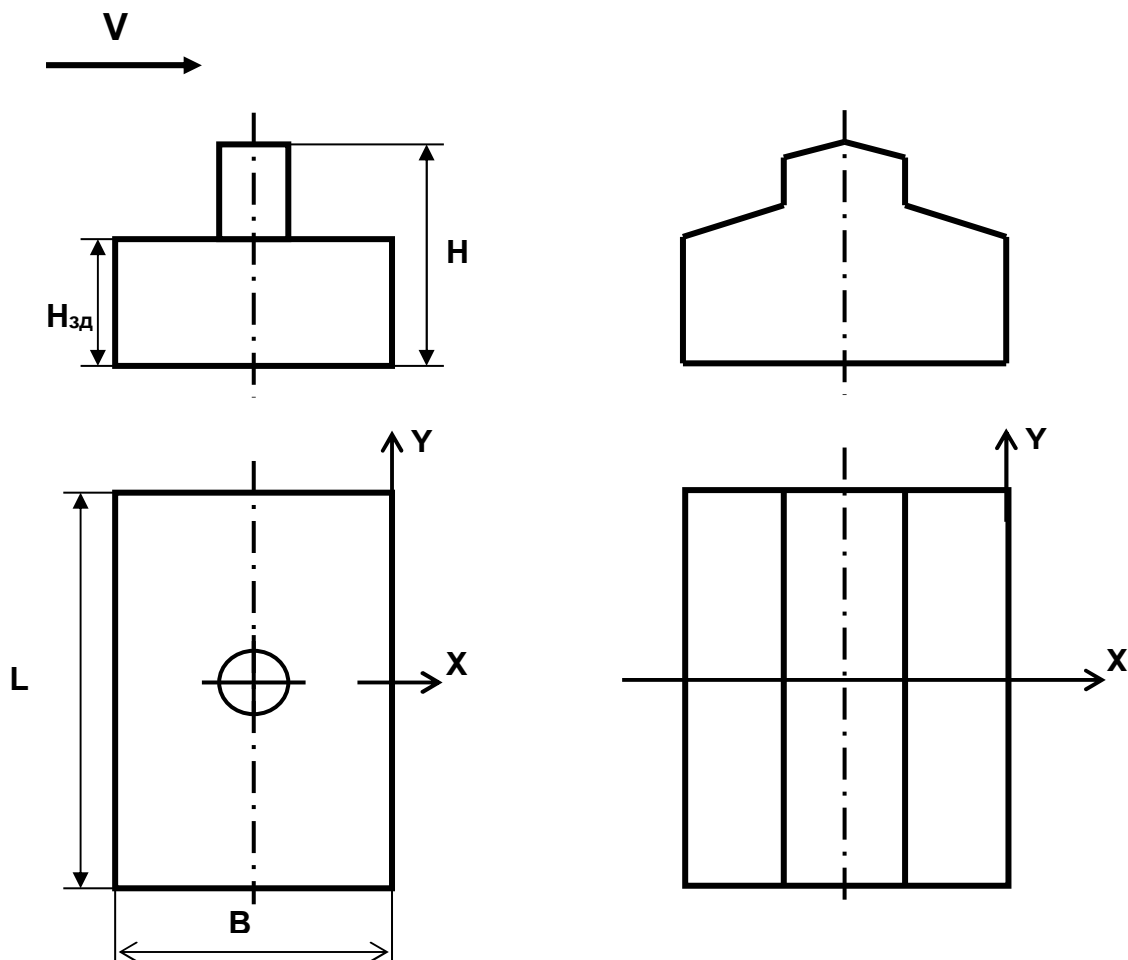


Рис. 9. Схемы источников выброса вредных веществ:
а) точечный источник; б) линейный источник

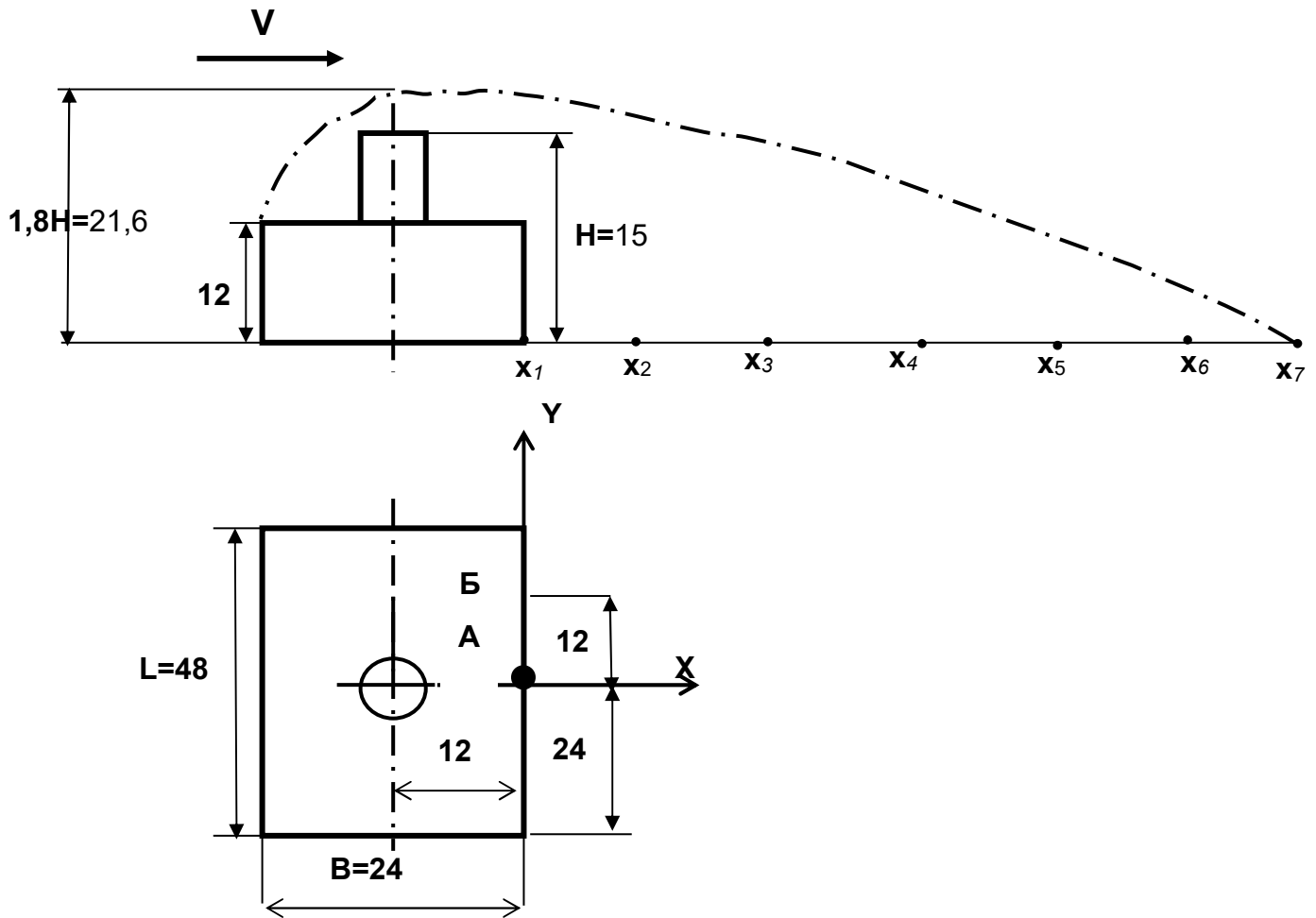
Пример расчета

Расчет 1. Проверить возможность размещения приемных отверстий систем приточной вентиляции в точках с координатами А (0,0), Б (0,L/4). Для этого рассчитывается концентрация трех веществ в этих точках. Необходимым условием является выполнение соотношения

$$\begin{aligned} C_A + C_{\Phi} &\leq 0,3 \cdot \text{ПДК}_{\text{РЗ}}, \\ C_B + C_{\Phi} &\leq 0,3 \cdot \text{ПДК}_{\text{РЗ}}. \end{aligned}$$

Исходные данные: источник – точечный; $L = 48$ м; $B = 24$ м; $H_{\text{зд}} = 12$ м; высота источника выброса $H = 15$ м; вредное вещество – аммиак; $M = 150$ г/с; $C_{\Phi} = 0,01$ мг/м³.

Решение: Из табл. 1 находим $\text{ПДК}_{\text{РЗ}} = 20$ мг/м³; $\text{ПДК}_{\text{СС}} = 0,2$ мг/м³. т.А (0,0), т.Б (0,12).



Так как $2,5 H_{зд}=30$ м, т.е. меньше $B=24$ м, следовательно, здание относится к узким и расчеты ведем по следующим формулам

при $0 \leq X \leq 6 H_{зд}$ ($0 \leq X \leq 72$ м),

$$C = \frac{1.3 \cdot M \cdot K}{V} \cdot \left(\frac{0.6}{H_{зд} \cdot L} + \frac{42 \cdot S_1}{(1.4 \cdot L + B + X)^2} \right);$$

при $X > 6 H_{зд}$ ($X > 72$ м),

$$C = \frac{55 M k S_1}{V (1.4 L + B + X)^2}.$$

В точках А и Б $X=0$, поэтому расчет ведем по формуле, приведенной выше. Концентрация аммиака в т. А:

$x=0, y=0$

$$S_1 = e^{\frac{30 \cdot 0^2}{(1.4 \cdot 48 + 24 + 0)^2}} = 1;$$

$$C = \frac{1.3 \cdot 150 \cdot 1}{1} \left(\frac{0.6}{12 \cdot 48} + \frac{42 \cdot 1}{(1.4 \cdot 48 + 24 + 0)^2} \right) = 1.18 \text{ мг/м}^3.$$

С учетом фоновой концентрации реальная концентрации аммиака в т. А составляет

$$C_A = C + C_{\phi} = 1,18 + 0,01 = 1,19 \text{ мг/м}^3.$$

Концентрация аммиака в т. Б ($x=0$, $y=12$ м)

$$S_1 = e^{-\frac{30 \cdot 12^2}{(1,4 \cdot 48 + 24 + 0)^2}} = 0,599.$$

$$C = \frac{1,3 \cdot 150 \cdot 1}{1} \left(\frac{0,6}{12 \cdot 48} + \frac{42 \cdot 0,599}{(1,4 \cdot 48 + 24 + 0)^2} \right) = 0,78 \text{ мг/м}^3.$$

С учетом фоновой концентрации реальная концентрации аммиака в т. Б
 $C_B + C_{\phi} = 0,784 + 0,01 = 0,794 \text{ мг/м}^3.$

Вывод: концентрация аммиака не превышает допустимую концентрацию в точках А и Б, поэтому возможно размещение приемных отверстий приточной вентиляции, через которые воздух подается в цех, в этих точках.

Расчет 2. Определить изменение концентрации вредных веществ в зависимости от расстояния до здания на оси факела (по оси X). Расчет сделать для 7 точек: $X_1=0$, $X_2=50$, $X_3=100$, $X_4=150$, $X_5=200$, $X_6=250$, $X_7=300$.

Построить графики зависимости $C=f(X)$. На графике также провести линию - ПДКсс. Сравнить расчетные концентрации с ПДКсс.

Решение:

Расчет концентрации ведется по оси X , поэтому $y=0$ и $S_1=1$.

Концентрация на расстоянии $X=0$ м ($0 \leq X \leq 72$ м).

$$C = \frac{1,3 \cdot 150 \cdot 1}{1} \left(\frac{0,6}{12 \cdot 48} + \frac{42 \cdot 1}{(1,4 \cdot 48 + 24 + 0)^2} \right) = 1,19 \text{ мг/м}^3.$$

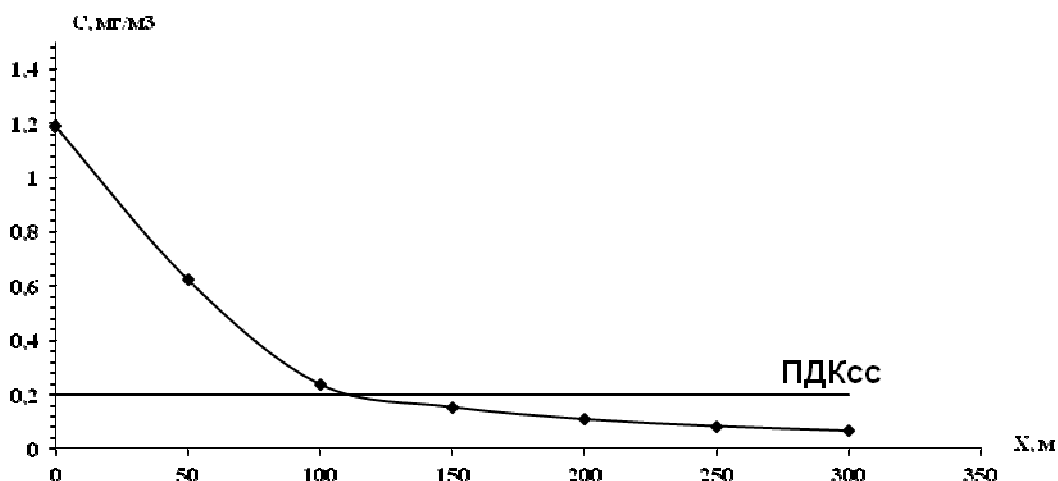
Концентрация на расстоянии $X=50$ м ($0 \leq X \leq 72$ м).

Концентрация на расстоянии $X=100$ м; 150 м и т.д. $X > 72$ м.

Данные расчеты сводим в таблицу и строим график.

X , м	$C + C_{\phi}$, мг/м ³
0	1,2
50	0,624
100	0,236
150	0,152
200	0,107
250	0,081
300	0,064

$$ПДК_{CC} = 0,2 \text{ мг/м}^3.$$



Вывод: концентрация аммиака превышает $ПДК_{сс}$ до расстояния 120 м.

Расчет 3. Определить возможность расположения жилых домов на границе санитарной зоны размером 1000 м. Результаты расчета занести в таблицу.

Решение:

$X = 1000$ м, расчет ведем по формуле

$$C = \frac{55 \cdot K \cdot S_1}{V \cdot (1.4L + B + X)^2} = \frac{55 \cdot 150 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot (1.4 \cdot 48 + 24 + 1000)^2} = 0.00693 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

$$C + C_{\phi} = 0.00693 + 0.01 = 0.01693.$$

Результаты расчета сводим в таблицу.

$X, Y=0$	$C+C_{\phi}, \text{мг/м}^3$
1000	0,01693
ПДК _{сс}	0,2

Вывод: возможно размещение жилых домов на границе санитарной зоны.

Расчет 4. Определить на каком расстоянии от источника выброса можно строить жилые дома. Необходимое условие $C_i + C_{\phi i} = ПДК_{cci}$.

Решение: Определяем расстояние, на котором возможно размещение жилых домов.

$$C + C_{\phi} = ПДК_{сс}.$$

$$C = \frac{55 M k S_1}{V (1.4 L + B + X)^2} + C_{\phi} = \frac{55 \cdot 150 \cdot 1 \cdot 1}{1 (1.4 \cdot 48 + 24 + X)^2} + 0.01 = 0.2,$$

$$X = 117 \text{ м.}$$

Вывод: возможно строительство жилых домов на расстоянии 117 м.

Задания по вариантам

Вариант 1.

Расчет 1. Проверить возможность размещения приемных отверстий систем приточной вентиляции в точках с координатами А (0,0), Б (0,L/4). Необходимым условием является выполнение соотношения

$$C_A + C_\phi \leq 0,3 \cdot ПДК_{РЗ},$$

$$C_B + C_\phi \leq 0,3 \cdot ПДК_{РЗ}.$$

Исходные данные: источник – линейный; L = 50 м; В = 28 м; Н_{зд} = 10 м; Н = 15 м; вредное вещество – диоксид азота; М = 100 г/с; С_ф = 0,01 мг/м³.

Расчет 2. Определить изменение концентрации вредных веществ в зависимости от расстояния до здания на оси факела (по оси X). Расчет сделать для 7 точек: X₁=0, X₂=50, X₃=100, X₄=150, X₅=200, X₆=250, X₇=300. Результаты расчета занести в таблицу.

X, м	C+C _ф , мг/м ³

Построить график зависимости C=f(X). На графике также провести линию - ПДК_{сс}. Сравнить расчетные концентрации с ПДК_{сс}.

Расчет 3. Определить возможность расположения жилых домов на границе санитарной зоны размером 1000 м. Результаты расчета занести в таблицу.

X, Y=0	C+C _ф , мг/м ³

Расчет 4. Определить на каком расстоянии от источника выброса можно строить жилые дома. Необходимое условие $C_i + C_{\phi i} = ПДК_{cci}$.

Вариант 2.

Расчет 1. Проверить возможность размещения приемных отверстий систем приточной вентиляции в точках с координатами А (0,0), Б (0,L/4). Необходимым условием является выполнение соотношения

$$C_A + C_\phi \leq 0,3 \cdot ПДК_{РЗ},$$

$$C_B + C_\phi \leq 0,3 \cdot ПДК_{РЗ}.$$

Исходные данные: источник – точечный; L = 40 м; В = 24 м; Н_{зд} = 10 м; Н = 15 м; вредное вещество – кремнеземсодержащая пыль; М = 200 г/с; С_ф = 0,01 мг/м³.

Расчет 2. Определить изменение концентрации вредных веществ в зависимости от расстояния до здания на оси факела (по оси X). Расчет сделать для 7 точек: X₁=0, X₂=50, X₃=100, X₄=150, X₅=200, X₆=250, X₇=300. Результаты расчета занести в таблицу.

X, м	C+C _ф , мг/м ³

Построить график зависимости $C=f(X)$. На графике также провести линию - $ПДК_{сс}$. Сравнить расчетные концентрации с $ПДК_{сс}$.

Расчет 3. Определить возможность расположения жилых домов на границе санитарной зоны размером 1000 м. Результаты расчета занести в таблицу.

$X, Y=0$	$C+C_{\phi}, \text{мг/м}^3$

Расчет 4. Определить на каком расстоянии от источника выброса можно строить жилые дома. Необходимое условие $C_i + C_{\phi i} = ПДК_{сси}$.

Вариант 3.

Расчет 1. Проверить возможность размещения приемных отверстий систем приточной вентиляции в точках с координатами А(0,0), Б (0,L/4). Необходимым условием является выполнение соотношения

$$C_A + C_{\phi} \leq 0,3 \cdot ПДК_{РЗ},$$

$$C_B + C_{\phi} \leq 0,3 \cdot ПДК_{РЗ}.$$

Исходные данные: источник – линейный; L = 50 м; В = 36 м; Н_{зд} = 16 м; Н = 18 м; вредное вещество – диоксид серы; М = 100 г/с; $C_{\phi} = 0,002 \text{ мг/м}^3$.

Расчет 2. Определить изменение концентрации вредных веществ в зависимости от расстояния до здания на оси факела (по оси X). Расчет сделать для 7 точек: $X_1=0, X_2=50, X_3=100, X_4=150, X_5=200, X_6=250, X_7=300$. Результаты расчета занести в таблицу.

$X, \text{м}$	$C+C_{\phi}, \text{мг/м}^3$

Построить график зависимости $C=f(X)$. На графике также провести линию - $ПДК_{сс}$. Сравнить расчетные концентрации с $ПДК_{сс}$.

Расчет 3. Определить возможность расположения жилых домов на границе санитарной зоны размером 1000 м. Результаты расчета занести в таблицу.

$X, Y=0$	$C+C_{\phi}, \text{мг/м}^3$

Расчет 4. Определить на каком расстоянии от источника выброса можно строить жилые дома. Необходимое условие $C_i + C_{\phi i} = ПДК_{сси}$.

Вариант 4.

Расчет 1. Проверить возможность размещения приемных отверстий систем приточной вентиляции в точках с координатами А (0,0), Б (0,L/4). Необходимым условием является выполнение соотношения

$$C_A + C_{\phi} \leq 0,3 \cdot ПДК_{РЗ},$$

$$C_B + C_{\phi} \leq 0,3 \cdot ПДК_{РЗ}.$$

Исходные данные: источник – точечный; $L = 40$ м; $B = 22$ м; $H_{зд} = 10$ м; $H = 15$ м; вредное вещество – сажа; $M = 100$ г/с; $C_{\phi} = 0,001$ мг/м³.

Расчет 2. Определить изменение концентрации вредных веществ в зависимости от расстояния до здания на оси факела (по оси X). Расчет сделать для 7 точек: $X_1=0$, $X_2=50$, $X_3=100$, $X_4=150$, $X_5=200$, $X_6=250$, $X_7=300$. Результаты расчета занести в таблицу.

X , м	$C+C_{\phi}$, мг/м ³

Построить график зависимости $C=f(X)$. На графике также провести линию - $ПДК_{сс}$. Сравнить расчетные концентрации с $ПДК_{сс}$.

Расчет 3. Определить возможность расположения жилых домов на границе санитарной зоны размером 1000 м. Результаты расчета занести в таблицу.

$X, Y=0$	$C+C_{\phi}$, мг/м ³

Расчет 4. Определить на каком расстоянии от источника выброса можно строить жилые дома. Необходимое условие $C_i + C_{\phi i} = ПДК_{сси}$.

Вариант 5.

Расчет 1. Проверить возможность размещения приемных отверстий систем приточной вентиляции в точках с координатами А (0,0), Б (0,L/4). Необходимым условием является выполнение соотношения

$$C_A + C_{\phi} \leq 0,3 \cdot ПДК_{РЗ},$$

$$C_B + C_{\phi} \leq 0,3 \cdot ПДК_{РЗ}.$$

Исходные данные: источник – линейный; $L = 90$ м; $B = 24$ м; $H_{зд} = 12$ м; $H = 22$ м; вредное вещество – аммиак; $M = 100$ г/с; $C_{\phi} = 0,01$ мг/м³.

Расчет 2. Определить изменение концентрации вредных веществ в зависимости от расстояния до здания на оси факела (по оси X). Расчет сделать для 7 точек: $X_1=0$, $X_2=50$, $X_3=100$, $X_4=150$, $X_5=200$, $X_6=250$, $X_7=300$. Результаты расчета занести в таблицу.

X , м	$C+C_{\phi}$, мг/м ³

Построить график зависимости $C=f(X)$. На графике также провести линию - $ПДК_{сс}$. Сравнить расчетные концентрации с $ПДК_{сс}$.

Расчет 3. Определить возможность расположения жилых домов на границе санитарной зоны, размером 1000м. Результаты расчета занести в таблицу.

$X, Y=0$	$C+C_{\phi}$, мг/м ³

Расчет 4. Определить на каком расстоянии от источника выброса можно строить жилые дома. Необходимое условие $C_i + C_{\phi i} = ПДК_{cci}$.

Практическое задание № 3

Демографические показатели населения

Демографические показатели характеризуются следующими параметрами:

- половозрастной состав,
- рождаемость,
- смертность,
- естественный прирост населения.

Демографические показатели являются важнейшей характеристикой населения. Они отражают влияние социально-экономических процессов на здоровье общества. Демографические процессы существенно зависят от уровня здравоохранения и от качества окружающей среды.

Ключевой фактор, определяющий диспропорции в темпах прироста населения, - *суммарный коэффициент рождаемости (СКР)*, табл. 20. СКР - это среднее число детей, которое рождает женщина в течение жизни (статические данные). Если СКР=2, то это обеспечивает неизменную численность населения, так как два ребёнка заменяют отца и мать, когда те умрут. Если СКР < 2, то это приведёт к снижению численности населения, потому что родительское поколение будет замещено не полностью. А СКР > 2 обусловит рост населения, так как число родителей будет возрастать с каждым поколением.

Половозрастной состав населения обычно изображают с помощью половозрастных пирамид, которые отображают возрастной и половой (количество мужчин и женщин) состав населения. Пирамида показывает количество людей в каждой возрастной группе, обычно с разницей в 5 или 10 лет. Полосы, соответствующие мужской части населения располагаются с одной стороны, а женской - с другой.

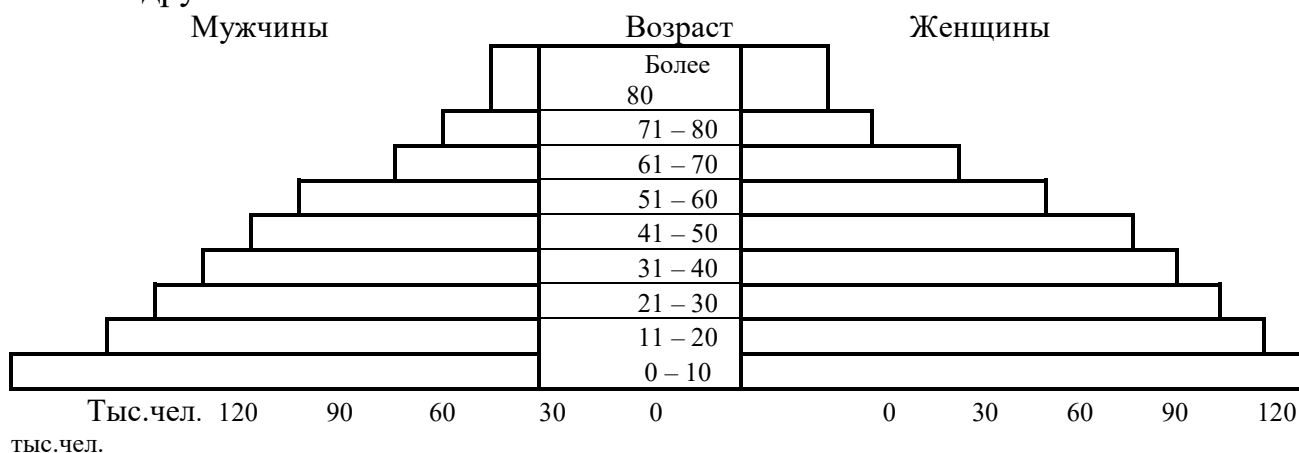


Рис. 10. Половозрастная пирамида

Во всех странах рождение и смерть регистрируются. Для сравнения прироста в разных странах рассчитывают среднее число рождений и смертей на 1000 человек в год. Эти показатели называются *общий коэффициент рождаемости (ОКР)* и *смертности (ОКС)* соответственно.

Общий - здесь означает, что данные цифры не учитывают, какую часть населения страны составляют пожилые и молодые люди, мужчины и женщины.

ОКР определяется:

$$ОКР = \frac{КД}{СЧН} 1000, \quad (25)$$

где *КД* - количества детей, родившихся за определённый период времени, чел;
СЧН - средняя численность населения, чел.

Таблица 37

Демографические показатели

Страна	СКР	ОКР	ОКС	ЕП
Развитые страны:				
США	2,06	14,4	8,8	5,6
Япония	1,37	9,5	7,4	2,1
Германия	1,31	9,7	10,4	-0,7
Испания	1,25	9,3	8,9	0,4
Франция	1,79	12,6	9,2	3,4
Развивающиеся страны:				
Индия	2,98	25,9	17,2	
Китай	1,69	15,7	7	8,7
Бразилия	2,05	20,9	8,5	12,4

Общий коэффициент смертности определяется как отношение количества умерших людей за определённый период времени, к средней численности населения:

$$ОКС = \frac{КУ}{СЧН} 1000, \quad (26)$$

где *КУ* - количество умерших людей за определённый период времени, чел.

Естественный прирост определяется как разность между ОКР и ОКС:

$$ЕП = ОКР - ОКС. \quad (27)$$

Исходный состав населения приведен в табл. 38. Исходный состав населения выбирается исходя из уровня развития страны. Страна относится к высоко-развитым (ВР) - национальный доход более 6000 \$, умеренно развитым (УР) - от 1000 до 6000 \$, слаборазвитыми (СР) - менее 1000 \$.

Таблица 21

Уровень развития страны	Количество людей возрастом, тыс. человек						
	0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
ВР	6	6	6	6	5	5	3
УР	11	9	7	6	5	4	3
СР	15	13	11	8	6	4	3

Пример расчета

Сделать прогноз общей численности населения и естественного прироста через 100 лет при заданном СКР.

Исходные данные: состав населения разного возраста. Считать, что дети рождаются у женщин возрастом 21-30 лет. Женщины составляют в этой возрастной группе половину. Считать, что люди живут до 70 лет. Расчет вести через 10 лет.

Построить графики зависимости общей численности населения и естественного прироста от количества прошедших лет. Построить половозрастную пирамиду исходную и через 100 лет.

Сделать вывод о тенденции изменения численности и составе населения, о влиянии на природу в заданной стране и решению экологических вопросов.

Страна Англия. $СКР=1,75$; $\Delta СКР= - 0,02$. Национальный доход 8920 \$.

По табл. 2 выбираем исходный состав населения для высокоразвитых стран (Англия, национальный доход 8920 \$).

Количество людей возрастом, тыс. человек						
0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
6	6	6	6	5	5	3

- 1) Количество женщин возрастом 21-30 лет составляет половину, т.е.
 $6 : 2 = 3$ тыс. человек.

У них родится за 10 лет детей:

$$СКР \cdot 3 \text{ тыс. чел.} = 1,75 \cdot 3 = 5,25 \text{ тыс. человек.}$$

За этот же период умерло 3 тыс. человек.

Количество людей возрастом, тыс. человек						
0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
5,25	6	6	6	6	5	5

Общая численность населения составит:

$$СЧН = 5,25 + 6 + 6 + 6 + 6 + 5 + 5 = 39,25 \text{ тыс. человек.}$$

Общий коэффициент рождаемости

$$OKP = \frac{5,25}{39,25} 1000 = 134.$$

Общий коэффициент смертности

$$OKC = \frac{3}{39,25} 1000 = 76.$$

Естественный прирост

$$EP = 134 - 76 = 58.$$

Дети (6 тыс. человек) из возрастной группы 0 - 10 лет через 10 лет перейдут в возрастную группу 11 - 20 лет, а из возрастной группы 11 - 20 (6 тыс. человек) перейдут в возрастную группу 21 - 30 лет и т. д.

2) В следующие 10 лет $СКР$ уменьшится на величину $\Delta СКР$ и составит:

$$СКР = 1,75 - 0,02 = 1,73.$$

Количество женщин: $6 : 2 = 3$ тыс. человек.

Родится детей: $1,73 \times 3 = 5,19$ тыс. человек.

Умерло людей – 5 тыс. человек.

Количество людей возрастом, тыс. человек						
0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
5,19	5,25	6	6	6	6	5

Общая численность $СЧН = 5,19 + 5,25 + 6 + 6 + 6 + 6 + 5 = 39,44$ тыс. человек.

$$OKP = \frac{5,19}{39,44} 1000 = 132.$$

$$OKC = \frac{5}{39,44} 1000 = 127.$$

$$EP = 132 - 127 = 5.$$

3) Следующие 10 лет: $СКР = 1,73 - 0,02 = 1,71$.

Количество женщин: $6 : 2 = 3$ тыс. человек.

Родится детей: $1,71 \cdot 3 = 5,13$ тыс. человек.

Умерло людей – 5 тыс. человек.

Количество людей возрастом, тыс. человек						
0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
5,13	5,19	5,25	6	6	6	6

Общая численность $СЧН = 5,13 + 5,19 + 5,25 + 6 + 6 + 6 + 6 = 39,57$.

$$OKP = \frac{5,13}{39,57} 1000 = 130.$$

$$OKC = \frac{5}{39,57} 1000 = 126.$$

$$EP = 130 - 126 = 4.$$

4) Следующие 10 лет: $СКР=1,71-0,02=1,69$.

Количество женщин: $КЖ=5,25 : 2 = 2,625$ тыс. человек.

Родится детей: $КД=1,69 \cdot 3 = 4,4$ тыс. человек.

Умерло людей – 6 тыс. человек.

Количество людей возрастом, тыс. человек						
0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
4,4	5,13	5,19	5,25	6	6	6

Общая численность $СЧН=4,4+5,13+5,19+5,25+6+6+6=38,01$ тыс. человек.

$$ОКР = \frac{4,4}{38,01} 1000 = 116.$$

$$ОКС = \frac{6}{38,01} 1000 = 158.$$

$$ЕП=116-158=-42.$$

5) Следующие 10 лет: $СКР=1,69-0,02=1,67$.

Количество женщин: $КЖ=5,19 : 2 = 2,595$ тыс. человек.

Родится детей: $КД=1,67 \cdot 2,595 = 4,3$ тыс. человек.

Умерло людей – 6 тыс. человек.

Количество людей возрастом, тыс. человек						
0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
4,3	4,4	5,13	5,19	5,25	6	6

Общая численность $СЧН=4,3+4,4+5,13+5,19+5,25+6+6=36,27$ тыс. человек.

$$ОКР = \frac{4,3}{36,27} 1000 = 118,6.$$

$$ОКС = \frac{6}{36,27} 1000 = 165,4.$$

$$ЕП=118,6-165,4= -46,8.$$

6) Следующие 10 лет: $СКР=1,67-0,02=1,65$.

Количество женщин: $КЖ=5,13 : 2 = 2,27$ тыс. человек.

Родится детей: $КД=1,67 \cdot 2,27 = 4,23$ тыс. человек.

Умерло людей – 6 тыс. человек.

Количество людей возрастом, тыс. человек						
0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
4,23	4,3	4,4	5,13	5,19	5,25	6

Общая численность $СЧН=4,23+4,3+4,4+5,13+5,19+5,25+6=34,5$.

$$ОКР = \frac{4,23}{34,5} 1000 = 122,6.$$

$$OKC = \frac{6}{34,5} 1000 = 171,9$$

$$EP = 122,6 - 171,9 = -49,3.$$

7) Следующие 10 лет: $СКР = 1,65 - 0,02 = 1,63$.

Количество женщин: $КЖ = 4,4 : 2 = 2,2$ тыс. человек.

Родится детей: $КД = 1,63 \cdot 2,2 = 3,6$ тыс. человек.

Умерло людей – 6 тыс. человек.

Количество людей возрастом, тыс. человек						
0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
3,6	4,23	4,3	4,4	5,13	5,19	5,25

Общая численность $СЧН = 3,6 + 4,23 + 4,3 + 4,4 + 5,13 + 5,19 + 5,25 = 32$ тыс. человек.

$$OKP = \frac{3,6}{32} 1000 = 112,5.$$

$$OKC = \frac{6}{32} 1000 = 187,5.$$

$$EP = 112,5 - 187,5 = -75.$$

8) Следующие 10 лет: $СКР = 1,63 - 0,02 = 1,61$.

Количество женщин: $КЖ = 4,3 : 2 = 2,15$ тыс. человек.

Родится детей: $КД = 1,61 \cdot 2,15 = 3,5$ тыс. человек.

Умерло людей – 5,25 тыс. человек.

Количество людей возрастом, тыс. человек						
0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
3,5	3,6	4,23	4,3	4,4	5,13	5,19

Общая численность $СЧН = 3,5 + 3,6 + 4,23 + 4,3 + 4,4 + 5,13 + 5,19 = 33,4$ тыс. человек.

$$OKP = \frac{3,5}{30,4} 1000 = 115,1.$$

$$OKC = \frac{5,25}{30,4} 1000 = 172,7.$$

$$EP = 115,1 - 172,7 = -57,6.$$

9) Следующие 10 лет: $СКР = 1,61 - 0,02 = 1,59$.

Количество женщин: $КЖ = 4,23 : 2 = 2,1$ тыс. человек.

Родится детей: $КД = 1,59 \cdot 2,1 = 3,4$ тыс. человек.

Умерло людей – 5,19 тыс. человек.

Количество людей возрастом, тыс. человек						
0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
3,4	3,5	3,6	4,23	4,3	4,4	5,13

Общая численность $СЧН = 3,4 + 3,5 + 3,6 + 4,23 + 4,3 + 4,4 + 5,13 = 28,6$ тыс. человек.

$$OKP = \frac{3,4}{28,6} 1000 = 118,9.$$

$$OKC = \frac{5,19}{28,6} 1000 = 181,5.$$

$$EP = 118,9 - 181,5 = -62,5.$$

10) Следующие 10 лет: $СКР = 1,59 - 0,02 = 1,57$.

Количество женщин: $КЖ = 3,6 : 2 = 1,8$ тыс. человек.

Родится детей: $КД = 1,57 \cdot 8,8 = 2,8$ тыс. человек.

Умерло людей – 5,13 тыс. человек.

Количество людей возрастом, тыс. человек						
0 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70
2,8	3,4	3,5	3,6	4,23	4,3	4,4

Общая численность $СЧН = 2,8 + 3,4 + 3,5 + 3,6 + 4,23 + 4,3 + 4,4 = 26,2$ тыс. человек.

$$OKP = \frac{2,8}{26,2} 1000 = 106,9.$$

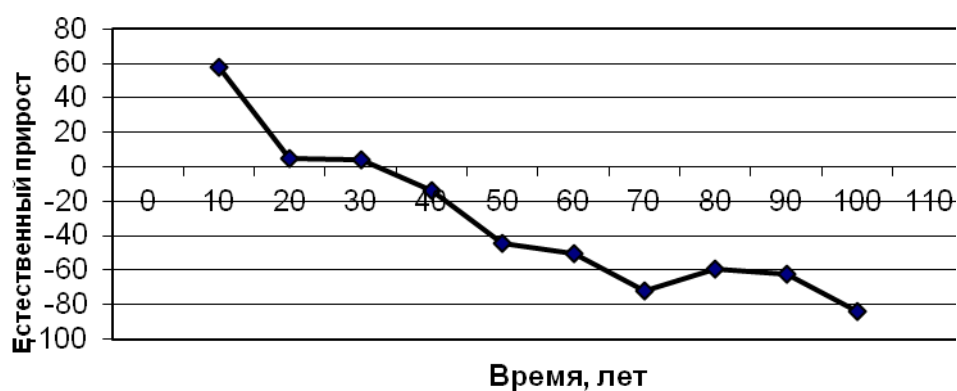
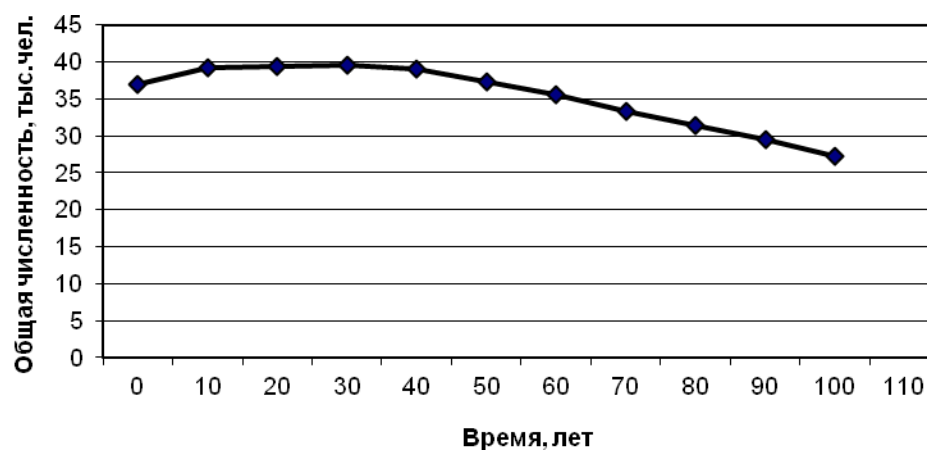
$$OKC = \frac{5,13}{26,2} 1000 = 195,8.$$

$$EP = 106,9 - 195,8 = -88,9.$$

Результаты расчётов сведём в таблицу.

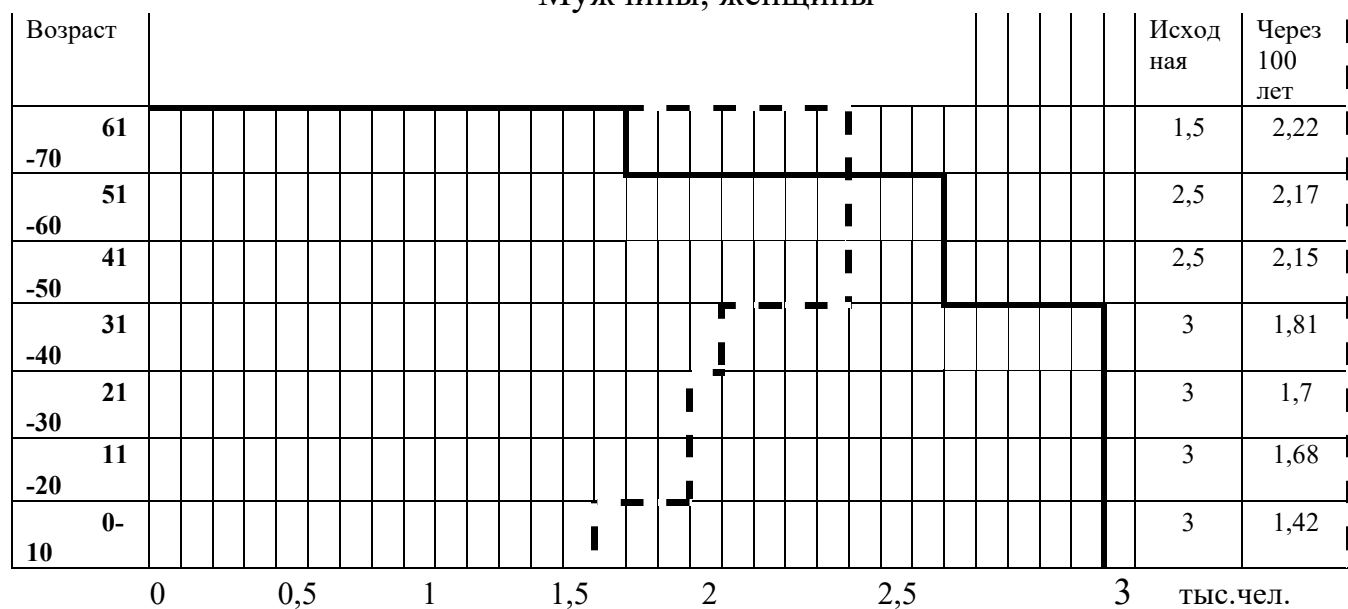
Время, лет	Количество людей возрастом, тыс. человек							СЧН, тыс. человек	Умерло, тыс. человек	OKP	OKC	EP
	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70					
0	6	6	6	6	5	5	3	37	-	-	-	-
10	5,25	6	6	6	6	5	5	39,25	3	134	76	58
20	5,19	5,25	6	6	6	6	5	39,44	5	132	127	5
30	5,13	5,19	5,25	6	6	6	6	39,57	5	130	126	4
40	4,4	5,13	5,19	5,25	6	6	6	38,01	6	116	158	-42
50	4,3	4,4	5,13	5,19	5,25	6	6	36,27	6	118,6	165,4	-46,8
60	4,23	4,3	4,4	5,13	5,19	5,25	6	34,5	6	122,6	171,9	-49,3
70	3,6	4,23	4,3	4,4	5,13	5,19	5,25	32	6	112,5	187,5	-75
80	3,5	3,6	4,23	4,3	4,4	5,13	5,19	30,4	5,25	115,1	172,7	-57,6
90	3,4	3,5	3,6	4,23	4,3	4,4	5,13	28,6	5,19	118,9	181,5	-62,5
100	2,8	3,4	3,5	3,6	4,23	4,3	4,4	26,2	5,13	106,9	195,8	-88,9

Графическое выражение расчетов представлено на рисунках.



Половозрастную пирамиду строим, считая, что в каждой возрастной группе число мужчин и женщин одинаково.

Мужчины, женщины



Условные обозначения

	Исходная пирамида
	Через 100 лет

Выводы:

1. Численность населения Англии за 100 лет уменьшилось в 1,3 раза.
2. Изменение состава населения: дети- количество уменьшилось, работающие- практически не изменилось, пенсионеры- увеличилось.
3. Исходный национальный доход: 8920 \$. Национальный доход через 100 лет: $8920 \cdot 1,3 = 11893$ \$.

Задания по вариантам

Вариант 1. Сделать прогноз общей численности населения и естественного прироста через 100 лет при заданном СКР.

Исходные данные: состав населения разного возраста. Считать, что дети рождаются у женщин возрастом 21-30 лет. Женщины составляют в этой возрастной группе половину. Считать, что люди живут до 70 лет. Расчет вести через 10 лет.

Построить графики зависимости общей численности населения и естественного прироста от количества прошедших лет. Построить половозрастную пирамиду исходную и через 100 лет.

Страна Китай. Сделать вывод о тенденции изменения численности и составе населения, о влиянии на природу в стране и решении экологических вопросов.

Вариант 2. Сделать прогноз общей численности населения и естественного прироста через 100 лет при заданном СКР.

Исходные данные: состав населения разного возраста. Считать, что дети рождаются у женщин возрастом 21-30 лет. Женщины составляют в этой возрастной группе половину. Считать, что люди живут до 70 лет. Расчет вести через 10 лет.

Построить графики зависимости общей численности населения и естественного прироста от количества прошедших лет. Построить половозрастную пирамиду исходную и через 100 лет.

Страна Франция. Сделать вывод о тенденции изменения численности и составе населения, о влиянии на природу в стране и решении экологических вопросов.

Вариант 3. Сделать прогноз общей численности населения и естественного прироста через 100 лет при заданном СКР.

Исходные данные: состав населения разного возраста. Считать, что дети рождаются у женщин возрастом 21-30 лет. Женщины составляют в этой возрастной группе половину. Считать, что люди живут до 70 лет. Расчет вести через 10 лет.

Построить графики зависимости общей численности населения и естественного прироста от количества прошедших лет. Построить половозрастную пирамиду исходную и через 100 лет.

Страна Индия. Сделать вывод о тенденции изменения численности и составе населения, о влиянии на природу в стране и решении экологических вопросов.

Вариант 4. Сделать прогноз общей численности населения и естественного прироста через 100 лет при заданном СКР.

Исходные данные: состав населения разного возраста. Считать, что дети рождаются у женщин возрастом 21-30 лет. Женщины составляют в этой возрастной группе половину. Считать, что люди живут до 70 лет. Расчет вести через 10 лет.

Построить графики зависимости общей численности населения и естественного прироста от количества прошедших лет. Построить половозрастную пирамиду исходную и через 100 лет.

Страна Германия. Сделать вывод о тенденции изменения численности и составе населения, о влиянии на природу в стране и решении экологических вопросов.

Вариант 5. Сделать прогноз общей численности населения и естественного прироста через 100 лет при заданном СКР.

Исходные данные: состав населения разного возраста. Считать, что дети рождаются у женщин возрастом 21-30 лет. Женщины составляют в этой возрастной группе половину. Считать, что люди живут до 70 лет. Расчет вести через 10 лет.

Построить графики зависимости общей численности населения и естественного прироста от количества прошедших лет. Построить половозрастную пирамиду исходную и через 100 лет.

Страна США. Сделать вывод о тенденции изменения численности и составе населения, о влиянии на природу в стране и решении экологических вопросов.

Практическое задание № 4

Определение категории экологической опасности предприятия по выбросам в атмосферу

Для оценки степени воздействия крупных и мелких предприятий на атмосферу города используют категорию опасности предприятия (КОП), которая оценивает объем воздуха, необходимый для разбавления выбросов.

Категория опасности предприятия (КОП) используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками, с учетом их токсичности.

Важное место при оценке экологичности предприятий занимает определение степени опасности производства для воздушного бассейна по методике Комитета по гидрометеорологии и мониторингу. Категория опасности производства (КОП) определяется по формуле

$$КОП = \sum_{i=1}^n КОВ = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ПДК_{cci}} \right)^{\alpha_i}, \quad (28)$$

где M_i – масса выброса i -ого вещества, т/год ;

$ПДК_{cci}$ – предельно допустимая концентрация i -ого вещества, мг/м³, табл. 39;

n – количество загрязняющих веществ в выбросах ;

$КОВ$ – коэффициент опасности вещества;

α_i – безразмерный коэффициент, позволяющий соотнести степень вредности вещества с таковой по сернистому газу (табл. 40).

Таблица 39

Предельно-допустимая концентрация загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	$ПДК_{cci}$, мг/м ³	Класс опасности
Пыль (сод. SiO ₂ >70 %)	0,05	3
Пыль (сод. SiO ₂ 20-70 %)	0,15	3
Оксид углерода	3	4
Диоксид серы	0,05	3
Диоксид азота	0,04	2
Оксид марганца	0,001	2
Формальдегид	0,003	2
Сажа	0,05	3
Сероводород	0.008	2

Таблица 40

Значение α_i для веществ различных классов опасности

Константа	Класс опасности			
	1	2	3	4
α_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Результаты ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов заносят табл. 41.

Таблица 41

Вещество	Масса выброса вещества		Ранг
	т/год	%	

Результаты ранжирования загрязняющих веществ по категории опасности заносятся в табл. 42.

Таблица 42

Вещество	КОВ	%	Ранг

По величине *КОП* предприятия делят на четыре категории опасности. Граничные условия для деления предприятий приведены в табл. 43.

Таблица 43

Граничные условия для деления предприятий на категории опасности по значению КОП

Категория опасности предприятия	Значения КОП
I	$КОП \geq 10^6$
II	$10^6 > КОП \geq 10^4$
III	$10^4 > КОП \geq 10^3$
IV	$10^3 > КОП$

На предприятия I категории приходится 60-70 % необходимого снижения выбросов с целью достижения ПДВ от общего снижения по городу, II категории – 30 % от общего снижения по городу, I и II категории нуждаются в постоянном контроле за всей природоохранной деятельностью.

К III категории опасности относятся предприятия со значениями 10^4 - 10^3 . На их долю приходится всего 10-15 % общих городских выбросов. На эти предприятия приходится 5-10 % необходимого снижения выбросов с целью достижения ПДВ от общего снижения по городу.

Для предприятий IV категории практически можно устанавливать нормативы ПДВ на уровне фактических выбросов.

Сделать вывод о приоритетности загрязняющих веществ по массе выбросов на предприятиях и по категории опасности вещества. Например: приоритетным загрязняющим веществом на предприятии 1 по массе выбросов является (! наименование вещества), а по категории опасности вещества - (! наименование вещества).

Пример расчета

Исходные данные. Диоксид азота – 3,521 т/год; диоксид серы – 1,136 т/год; оксид углерода – 12,643 т/год; пыль – 4,092 т/год.

Результаты ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов

Вещество	Масса выброса вещества		Ранг
	т/год	%	
Диоксид азота	3,521	16,46	3
Диоксид серы	1,136	5,31	4
Оксид углерода	12,643	59,1	1
Пыль	4,092	19,13	2

Коэффициенты опасности веществ:

$$\text{диоксид азота } KOB = \left(\frac{3,521}{0,04}\right)^{1,3} = 337,3 ;$$

$$\text{диоксид серы } KOB = \left(\frac{1,136}{0,05}\right)^1 = 22,72 ;$$

$$\text{оксид углерода } KOB = \left(\frac{12,643}{3}\right)^{0,9} = 3,65 ;$$

$$\text{пыль } KOB = \left(\frac{4,092}{0,15}\right)^1 = 27,28 .$$

*Результаты ранжирования загрязняющих веществ
по категории опасности*

Вещество	КОВ	%	Ранг
Диоксид азота	337,3	86,3	1
Диоксид серы	22,7	5,8	3
Оксид углерода	3,65	1	4
Пыль	27,28	6,9	2

Категория опасности производства

$$КОП = 337,3 + 22,72 + 27,28 + 3,65 = 390,95.$$

Вывод: приоритетными загрязняющими веществами по массе выбросов являются продукты неполного сгорания топлива – угарный газ – 59,1 % и диоксид азота – 16,46 %, а также пыль – 19,13 %.

Приоритетными загрязняющими веществом по категории опасности вещества является наиболее токсичное соединение – диоксид азота 86,3 %. Затем следуют вещества третьего класса опасности: пыль (6,9 %) и диоксид серы (5,8 %). На последнем месте находится соединение 4-го класса опасности - оксид углерода (1 %). То есть приоритетными загрязняющими веществом на данном предприятии по массе выбросов является оксид углерода, а по категории опасности вещества – диоксид азота.

Данное предприятие относится к IV категории опасности.

Задания по вариантам

Вариант1. Определить категорию опасности промышленного предприятия, которым выбрасываются в атмосферу следующие вещества: диоксид азота – 186,4 т/год; диоксид серы – 3, 2 т/год; оксид углерода – 551, 01 т/год; ; углеводороды – 1238,3 т/год; пыль (сод. $\text{Si}_2\text{O}_3 > 70\%$) – 0,3 т/год; сероводород – 0,02 т/год.

Вариант2. Определить категорию опасности промышленного предприятия. Масса выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составляет: оксид

азота – 494,0 т/год; оксид марганца – 0,005 т/год; диоксид серы – 405,01 т/год; оксид углерода – 1501,2 т/год; диоксид азота – 566,2 т/год.

Вариант 3. Определить категорию опасности промышленного предприятия, которым выбрасываются в атмосферу следующие вещества: диоксид азота – 10,1 т/год; диоксид серы – 259,5 т/год; оксид углерода – 74,9 т/год; сероводород – 0,3 т/год; углеводороды – 5,8 т/год; сажа – 1,7 т/год.

Вариант 4. Определить категорию опасности промышленного предприятия, которым выбрасываются в атмосферу следующие вещества: диоксид азота – 31,1 т/год; диоксид серы – 0,5 т/год; оксид углерода – 97,9 т/год; пыль (сод. $\text{SiO}_2 > 70\%$) – 44,1 т/год; формальдегид – 0,21 т/год; оксид марганца – 0,02 т/год.

Вариант 5. Определить категорию опасности промышленного предприятия. Масса выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составляет: диоксид азота – 128,1 т/год; диоксид серы – 16,51 т/год; оксид углерода – 627,1 т/год; пыль (сод. SiO_2 от 20 до 70 %), углеводороды – 2,0 т/год.

Практическое задание № 5

Определение класса качества воды

Класс качества определяется по индексу загрязненности воды (ИЗВ), который рассчитывается как сумма приведенных к ПДК фактических значений шести основных показателей качества воды по формуле

$$ИЗВ = \frac{\sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ПДК_i}}{6}, \quad (29)$$

где C_i – среднее значение определяемого показателя за период наблюдений, мг/л; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация для данного загрязняющего вещества, мг/л;

6 – число показателей, которое берется для расчета.

В число 6-ти основных показателей входят значения 4-х ингредиентов, являющихся для данного водоема (или воды) наиболее неблагоприятными, имеющих наибольшие концентрации (отношение $C/ПДК$). Для каждого из четырех выбранных показателей определяют индекс загрязненности воды по формуле

$$ИЗВ = \frac{C_i}{ПДК_i}. \quad (30)$$

При расчете ИЗВ в обязательном порядке входят также еще 2 показателя – концентрация растворенного кислорода и значение БПК₅, для которых индекс загрязненности воды рассчитывается по другой формуле

$$ИЗВ = \frac{ПДК_i}{C_i}. \quad (31)$$

По табл. 44 в зависимости от значения ИЗВ определяют класс качества воды.

Таблица 44

Характеристика воды

ИЗВ	Класс качества воды	Оценка качества (характеристика) воды
Менее и равно 0,2	I	Очень чистые
Более 0,2-1	II	Чистые
1-2	III	Умеренно загрязненные
2-4	IV	Загрязненные
4-6	V	Грязные
6-10	VI	Очень грязные
Свыше 10	VII	Чрезвычайно грязные

Задания по вариантам

Рассчитать индекс загрязнения водных объектов. Дать сравнительную оценку состояния водных объектов.

Таблица 45

Характеристика поверхностных вод Воронежского водохранилища

Ингредиенты	ПДК, мг/м ³	Концентрация загрязняющих веществ в поверхностных водах по контрольным створам, мг/м ³		
		Чертовицкий мост (5,5 км выше г. Воронежа)	2,5 км ниже г. Воронежа	7,0 км ниже г. Воронежа
Растворенный кислород	Не менее 6,0	7,28	8,64	9,83
Взвешенные вещества	16,15	6,6	15,9	12,0
БПК ₅	3,00	1,88	3,30	2,88
Нитраты	0,08	0,02	0,026	0,008
Фосфаты	0,20	0,20	0,47	0,20

Окончание табл. 45

Ингредиенты	ПДК, мг/м ³	Концентрация загрязняющих веществ в поверхностных водах по контрольным створам, мг/м ³
-------------	---------------------------	---

		Чертовичский мост (5,5 км выше г. Воронежа)	2,5 км ниже г. Воронежа	7,0 км ниже г. Воронежа
Хлориды	300,0	244	43,8	27,5
Железо	0,10	0,18	0,10	0,06
Медь	0,001	0,0008	0,003	0,002
Цинк	0,01	0,0025	0,0035	0,0022
Свинец	0,006	0,0001	0,001	0,007
Нефтепродукты	0,05	0,21	0,44	0,25

Таблица 46

Качество поверхностных вод Воронежского водохранилища

Ингредиенты	<i>ПДК</i> , мг/м ³	<i>C</i> , мг/м ³
Растворенный кислород	Не менее 6,0	9,83
Взвешенные вещества	16,15	12,0
БПК ₅	3,00	2,88
Нитраты	0,08	0,008
Фосфаты	0,20	0,20
Хлориды	300,0	27,5
Железо	0,10	0,06
Медь	0,001	0,002
Цинк	0,01	0,0022
Свинец	0,006	0,007
Нефтепродукты	0,05	0,25

Таблица 47

Характеристика вод Охотского моря

Ингредиенты	<i>ПДК</i> , мг/м ³	<i>C</i> , мг/м ³
Медь	0,001	0,001
Железо	0,1	0,1
Марганец	0,1	0,1
Свинец	0,03	0,03
Алюминий	0,5	0,5
Хром	0,005	0,005
Молибден	0,25	0,875

Таблица 48

Характеристика вод Восточно-Сибирского моря

Ингредиенты	<i>ПДК</i> ,	<i>C</i> , мг/м ³
-------------	--------------	------------------------------

	мг/м ³	
Марганец	0,1	0,014
Свинец	0,006	0,002
Никель	0,1	0,025
Кадмий	0,001	0,001
Цинк	0,01	0,0035
Кобальт	0,1	0,2

Таблица 49

Характеристика вод Карского моря

Ингредиенты	ПДК, мг/м ³	С, мг/м ³
Марганец	0,1	0,042
Свинец	0,006	0,0096
Медь	0,001	0,006
Цинк	0,01	0,011
Кобальт	0,1	0,11

Практическое задание № 6

Акустический расчет

Долгое время шум считали неизбежным злом цивилизации, побочным продуктом технического прогресса, бурного развития техники и увеличения количества транспорта. И мало кто предполагал, что шум достигнет такого уровня, что будет уже не просто не приятен для слуха, но и вреден для здоровья.

Основные источники шума

Шумовая симфония города складывается из грохота железных дорог, шума самолётов, строительной техники, заводских цехов и бытовых приборов.

В населенных пунктах источники шума подразделяются:

- стационарные (трансформаторные подстанции, вентиляционные и компрессорные установки, строительные машины и механизмы, промышленные предприятия, спортивные площадки, торговые объекты и др.);
- передвижные (автомобили, трамваи, метро, автобусы, водный и авиационный транспорт).

Шум, создаваемый этими источниками, составляет:

- | | |
|------------------------------------|-----------|
| - зимний лес в безветренную погоду | 0 дБ, |
| - шепот | 20 дБ, |
| - разговор | 60 дБ, |
| - автотранспорт | до 87 дБ, |
| - трамвай | до 90 дБ, |
| - железная дорога | до 93 дБ, |

- промышленные предприятия

80 – 100 дБ.

В квартире наиболее шумно в вечерние часы, когда собираются все члены семьи. Включены все бытовые приборы, телевизор, радио, магнитофон. За последние годы шум во всех крупных городах увеличился на 10 –15 дБ.

Нормирование шума

Длительное воздействие шума приводит к частичной или полной потере слуха. Действие шума на организм не ограничивается воздействием на орган слуха. Через волокна слуховых нервов раздражение передается на центральную нервную систему, а через неё воздействует на внутренние органы, приводя к изменениям в функциональном состоянии организма. Человек, подвергающийся воздействию шума, затрачивает на 20 % больше физических усилий.

Особенно опасны шумы во время сна. Они вызывают кошмарные видения, и после пробуждения человека долго не покидает нервное возбуждение. Это может привести к психическим заболеваниям.

По СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» установлены допустимые уровни звукового давления, табл. 50.

Таблица 50

Допустимые уровни звукового давления на территории, непосредственно прилегающей к домам

Октавные полосы со среднегеометрически- ми частотами, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	$L_{A\text{ экв}}$	$L_{A\text{ max}}$
Уровни звукового давления, дБ										
7.00-23.00	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
23.00-7.00	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

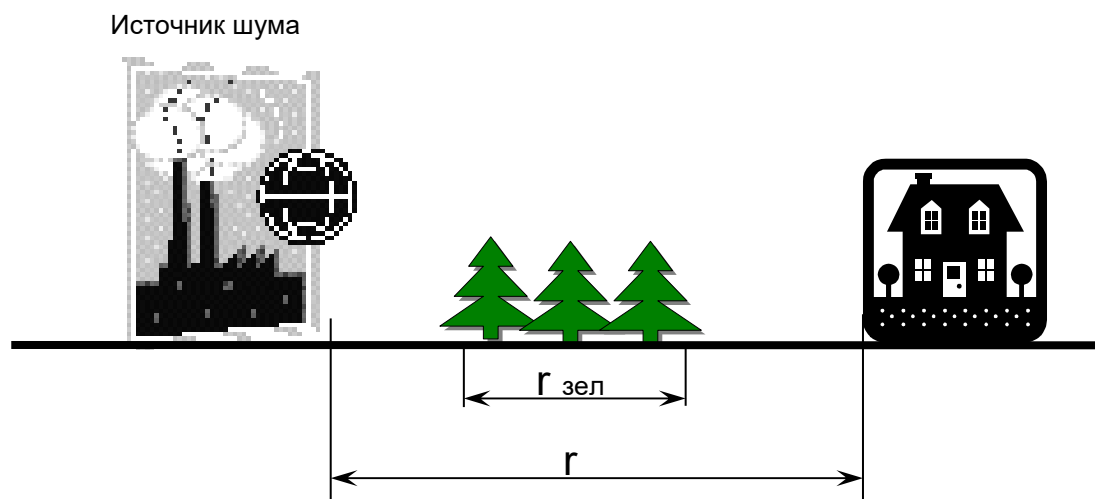


Рис. 11. Распространение шума на открытом воздухе

Звуковые волны, распространяясь в атмосфере, затухают вследствие поглощения звуковой энергии из-за вязкости воздуха и по мере удаления от источника шума. Если на пути звуковых волн находятся полосы высоких (не менее 5 м) лесонасаждений, то звук частично отражается от них, рассеивается на деревьях, поглощается рыхлой почвой и листвой.

Уровень звукового давления (дБ), создаваемого источником шума, на расстоянии r (м) от него определяется по формуле в 8 октавных полосах частот:

$$L = L_p + 10 \lg \Phi - 10 \lg(2 \cdot \pi \cdot r^2) - \beta_a \cdot r - \beta_{\text{зел}}, \text{ дБ}, \quad (32)$$

где L – уровень звукового давления в расчётной точке, дБ;

L_p – уровень звукового давления источника шума, дБ;

Φ – фактор направленности ($\Phi=1$ при распространении шума во все стороны);

r – расстояние от источника шума до расчётной точки, м;

β_a – коэффициент поглощения звука в воздухе, дБ/м (табл. 51);

$\beta_{\text{зел}}$ – снижение шума полосой лесонасаждений, дБ.

$$\beta_{\text{зел}} = \beta_{\text{азел}} \cdot r_{\text{зел}} \frac{\sqrt[3]{f}}{8}, \quad (33)$$

где $\beta_{\text{азел}}$ – снижение уровня звука на 1 м ширины лесополосы ($\beta_{\text{азел}}=0,08$ дБ/м);

$r_{\text{зел}}$ – ширина полосы лесонасаждений, м;

f – частота, Гц.

**Коэффициент поглощения звука в воздухе
при относительной влажности 60 % (β_a , дБ/м)
в зависимости от температуры воздуха t , °С**

$t, ^\circ\text{C}$	Октавные полосы частот со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
30	0	0,0002	0,0009	0,003	0,0075	0,014	0,025	0,064
20	0	0,0003	0,0011	0,0028	0,0052	0,0096	0,025	0,083
10	0	0,0004	0,001	0,002	0,0039	0,01	0,035	0,125
0	0	0,0004	0,0008	0,0017	0,0049	0,017	0,058	0,156

Пример расчета

Исходные данные: расстояние от источника шума до расчетной точки $r=70$ м, ширина полосы лесонасаждений $r_{\text{зел}}=10$ м. Температура воздуха $t=20$ °С, относительная влажность воздуха 60 %.

L_p - уровни звукового давления, создаваемого источником шума приведены в таблице.

Величина	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, f , Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	71	82	84	94	89	76	65	73
β_a	0	0,0003	0,0011	0,0028	0,0052	0,0096	0,025	0,083

Снижение шума полосой лесонасаждений

$$\beta_{\text{зел}63} = 0,08 \cdot 10^{\frac{\sqrt[3]{63}}{8}} = 0,4.$$

Уровень звукового давления, создаваемого источником шума, на расстоянии r (м) от него

$$L = 71 + 0 - 44,9 - 0 - 0,4 = 25,7 \text{ дБ.}$$

Снижение шума полосой лесонасаждений

$$\beta_{\text{зел}125} = 0,08 \cdot 10^{\frac{\sqrt[3]{125}}{8}} = 0,5.$$

Уровень звукового давления, создаваемого источником шума, на расстоянии r (м) от него

$$L = 82 + 0 - 44,9 - 0,021 - 0,5 = 36,6 \text{ дБ.}$$

Снижение шума полосой лесонасаждений

$$\beta_{\text{зел}250} = 0,08 \cdot 10^{\frac{\sqrt[3]{250}}{8}} = 0,63.$$

Уровень звукового давления, создаваемого источником шума, на расстоянии r (м) от него

$$L = 84 + 0 - 44,9 - 0,077 - 0,63 = 38,4 \text{ дБ.}$$

Снижение шума полосой лесонасаждений

$$\beta_{\text{зел}500} = 0,08 \cdot 10^{\frac{\sqrt[3]{500}}{8}} = 0,79.$$

Уровень звукового давления, создаваемого источником шума, на расстоянии r (м) от него

$$L = 94 + 0 - 44,9 - 0,196 - 0,79 = 48,1 \text{ дБ.}$$

Снижение шума полосой лесонасаждений

$$\beta_{\text{зел}1000} = 0,08 \cdot 10^{\frac{\sqrt[3]{1000}}{8}} = 1.$$

Уровень звукового давления, создаваемого источником шума, на расстоянии r (м) от него

$$L = 89 + 0 - 44,9 - 0,364 - 1 = 42,7 \text{ дБ.}$$

Снижение шума полосой лесонасаждений

$$\beta_{\text{зел}2000} = 0,08 \cdot 10^{\frac{\sqrt[3]{2000}}{8}} = 1,25.$$

Уровень звукового давления, создаваемого источником шума, на расстоянии r (м) от него

$$L = 76 + 0 - 44,9 - 0,672 - 1,25 = 29,2 \text{ дБ.}$$

Снижение шума полосой лесонасаждений

$$\beta_{\text{зел}4000} = 0,08 \cdot 10^{\frac{\sqrt[3]{40000}}{8}} = 1,58.$$

Уровень звукового давления, создаваемого источником шума, на расстоянии r (м) от него

$$L = 65 + 0 - 44,9 - 1,75 - 1,58 = 66,8 \text{ дБ.}$$

Снижение шума полосой лесонасаждений

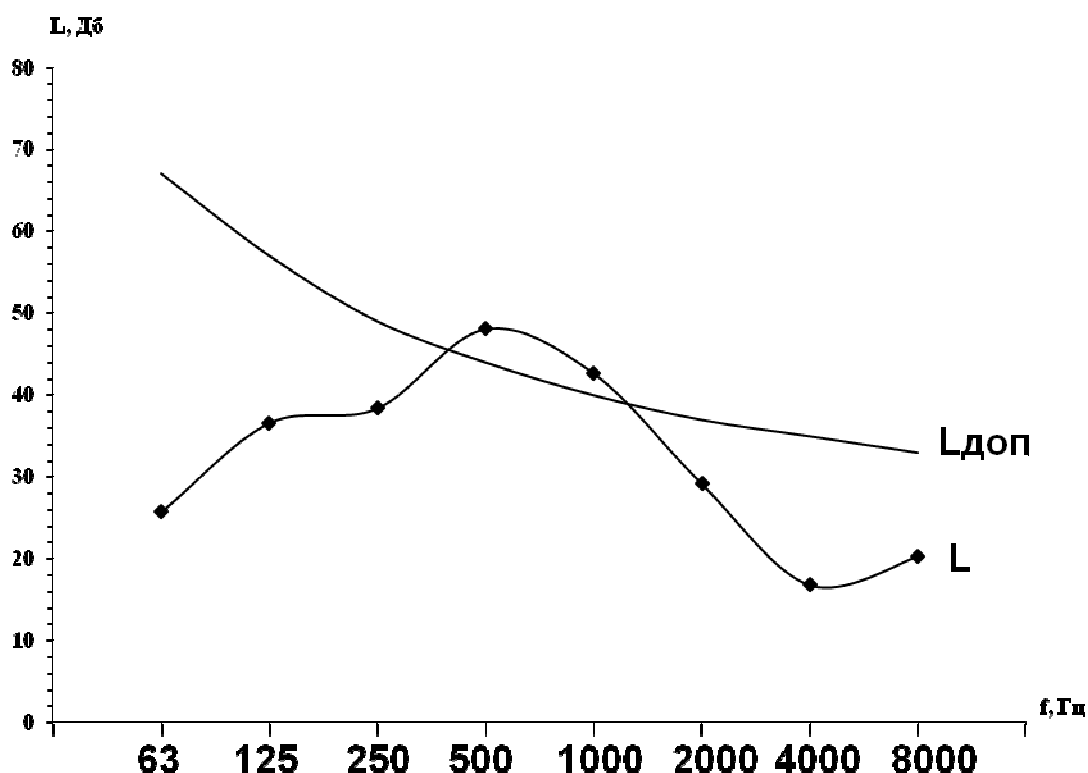
$$\beta_{\text{зел}8000} = 0,08 \cdot 10^{\frac{\sqrt[3]{80000}}{8}} = 2.$$

Уровень звукового давления, создаваемого источником шума, на расстоянии r (м) от него

$$L = 73 + 0 - 44,9 - 5,81 - 2 = 20,3 \text{ дБ.}$$

Данные расчета можно свести в таблицу и отобразить графически.

Величина	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, f , Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\beta_{\text{зел}}$	0,4	0,5	0,63	0,79	1,0	1,26	15,9	2,0
L	25,7	36,6	38,4	48,1	42,7	29,2	16,8	20,3
$L_{\text{дон}}$	67	57	49	44	40	37	35	33
ΔL	-	-	-	4,1	2,7	-	-	-



Вывод: шум в жилых домах ниже допустимого.

Задания по вариантам

Вариант 1. Рассчитать уровни звукового давления в 8 октавных полосах частот в расчётной точке. Расстояние от источника шума до расчетной точки $r=50$ м, ширина полосы лесонасаждений $r_{зел}=6$ м. Температура воздуха $t=0$ °С, относительная влажность воздуха 60 %. Уровни звукового давления даны в таблице.

Величина	Уровни звукового давления L_p , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц.							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	82	87	87	89	94	93	91	85

Вариант 2. Рассчитать уровни звукового давления в 8 октавных полосах частот в расчётной точке. Расстояние от источника шума до расчетной точки $r=60$ м, ширина полосы лесонасаждений $r_{зел}=12$ м. Температура воздуха $t=10$ °С, относительная влажность воздуха 60 %. Уровни звукового давления даны в таблице.

Величина	Уровни звукового давления L_p , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц.							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	88	96	101	96	97	94	96	96

Вариант 3. Рассчитать уровни звукового давления в 8 октавных полосах частот в расчётной точке. Расстояние от источника шума до расчетной точки $r=700$ м, ширина полосы лесонасаждений $r_{зел}=5$ м. Температура воздуха $t=20$ °С, относительная влажность воздуха 60 %. Уровни звукового давления даны в таблице.

Величина	Уровни звукового давления L_p , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц.							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	81	82	93	84	83	81	80	77

Вариант 4. Рассчитать уровни звукового давления в 8 октавных полосах частот в расчётной точке. Расстояние от источника шума до расчетной точки $r=105$ м, ширина полосы лесонасаждений $r_{зел}=15$ м. Температура воздуха $t=20$ °С, относительная влажность воздуха 60 %. Уровни звукового давления даны в таблице.

Величина	Уровни звукового давления L_p , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц.							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	98	96	94	94	94	93	82	76

Вариант 5. Рассчитать уровни звукового давления в 8 октавных полосах частот в расчётной точке. Расстояние от источника шума до расчетной точки $r=80$ м, ширина полосы лесонасаждений $r_{зел}=25$ м. Температура воздуха $t=30$ °С, относительная влажность воздуха 60 %. Уровни звукового давления даны в таблице.

Величина	Уровни звукового давления L_p , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц.							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	86	85	85	87	91	90	88	87

Практическое задание 7

Используя индекс массы тела (индекс Кетле), оцените свой вес с учетом рекомендаций ВОЗ.

Указания к выполнению:

Индекс массы тела (индекс Кетле, *BMI*) можно рассчитать по формуле

$$BMI = M / L^2, \quad (34)$$

где *M* – вес тела, кг;

L - длина тела, м.

Желательный диапазон индекса:

- 18,5-25 для молодой женщины;
- 25,1-30 – избыточная масса тела;
- $\geq 30,1$ – ожирение.

У мужчин на каждый сантиметр роста должно приходиться 300-400 г массы тела, у женщин – 325-375 г.

В последние годы делаются попытки более конкретно прогнозировать степень риска для здоровья – индекс массы тела и ожирения, используя, в частности, и другие индексы. Так, считается, что отложившийся жир представляет большую опасность для здоровья и риск является особенно значительным в случае, когда отношения окружности талии к окружности бедер больше, чем 0,85. Взаимосвязь между размерами талии и развитием отдельных заболеваний можно проследить по данным табл. 52. Проанализируйте с учетом представленной информации, насколько у вас идеальный вес и насколько увеличивается риск иметь дополнительные заболевания от избыточного веса.

Таблица 52

Размер талии и предрасположенность к отдельным видам заболеваний

Пол	Норма	Повышенный риск	Высокий риск
Мужчины	Меньше 94 см	94-101 см	Больше 102 см
Женщины	Меньше 80 см	80-87 см	Больше 88 см

Практическое задание 8

Используя данные табл. 53, сделайте вывод об изменении динамики продолжительности жизни городского и сельского населения.

Указания к выполнению:

На основании данных табл. 53 построить графики зависимости продолжительности жизни от временного периода.

Ожидаемая продолжительность жизни при рождении (число лет)

Годы	Все население			Городское население			Сельское население		
	Всего	Мужчины	Женщины	Всего	Мужчины	Женщины	Всего	Мужчины	Женщины
1896-1897 (по 50 губерниям Европейской России)	30,54	29,43	31,69	29,77	27,62	32,24	30,63	29,66	31,66
1926-1927	42,93	40,23	45,61	43,92	40,37	47,50	42,86	40,39	45,30
1958-1959	67,91	62,99	71,45	67,92	63,03	71,48	67,84	62,86	71,30
1961-1962	68,75	63,78	72,38	68,69	63,86	72,48	68,62	63,40	72,33
1965-1966	69,50	64,32	73,41	69,44	64,59	73,14	69,14	63,32	73,49
1970-1971	68,93	63,21	73,55	68,51	63,76	73,47	68,13	61,78	73,39
1975-1976	68,13	62,32	73,03	68,75	63,41	73,22	66,14	58,85	72,38
1980-1981	67,61	61,53	73,09	68,09	62,39	73,18	66,02	59,30	72,47
1985-1986	69,26	63,83	73,99	69,61	64,46	74,00	67,86	61,76	73,55
1990	69,19	63,73	74,30	69,55	64,31	74,34	67,97	62,03	73,95
1991	68,92	63,37	74,19	69,30	63,95	74,25	67,67	61,68	73,79
1992	67,80	61,91	73,66	68,10	62,35	73,72	66,79	60,63	73,33
1993	65,09	58,81	71,84	65,34	59,12	71,92	64,28	57,95	71,50
1994	63,91	57,48	71,12	64,13	57,70	71,20	63,24	56,85	70,83
1995	64,52	58,12	71,59	64,70	58,30	71,64	63,99	57,64	71,40
1996	65,80	59,62	72,40	66,21	60,06	72,62	64,62	58,42	71,76
1997	66,77	60,90	72,87	67,32	61,51	73,18	65,25	59,27	71,98
1998	67,07	61,22	73,13	67,54	61,75	73,38	65,75	59,80	72,41
1999	65,92	59,87	72,40	66,34	60,31	72,62	64,73	58,68	71,74
2000	65,37	59,07	72,29	65,71	59,38	72,48	64,44	58,25	71,73
2001	65,23	58,92	72,17	65,57	59,23	72,37	64,25	58,07	71,57
2002	64,85	58,55	71,84	65,35	59,09	72,18	63,42	57,29	70,86
2003	64,85	58,55	71,84	65,35	59,00	72,18	63,42	57,29	70,86
2004	65,27	58,89	72,30	65,81	59,38	72,65	63,76	57,55	71,27

Графически отобразите динамику продолжительности жизни населения.

Практическое задание 9

Используя данные табл. 54, сделайте вывод об изменении динамики заболеваемости алкоголизмом и потреблению алкогольных напитков и табачных изделий.

Указания к выполнению:

Изучить данные таблицы. Проследить тенденцию заболеваемости и потреблению алкогольной продукцией населением.

Таблица 54

**Количество больных алкоголизмом
по регионам Российской Федерации**

Наименование региона	Всего				На 100 тыс. чел.			
	1995	2000	2003	2004	1995	2000	2003	2004
Белгородская область	23402	21171	20687	20173	594,6	404,9	367,2	334,5
Воронежская область	39876	35829	37410	30167	103,7	917,1	589,5	595,7
Курская область	21526	21724	21211	20947	624,1	715,3	1746,5	746,9
Липецкая область	26176	26329	27782	28077	2100,4	2143,9	2313,4	2359,6
Московская область	128515	120916	118142	115306	929,6	828,3	1784,1	739,2
Тамбовская область	27917	28075	26310	26638	2166,6	2313,4	2270,3	2326,8
Тульская область	35972	36218	37235	37235	978,8	2106,1	2286,7	2295,8

Таблица 55

Продажа алкогольных напитков, пива и табачных изделий

Наименование	Годы								
	1970	1980	1985	1990	1995	1997	2000	2003	2004
Алкогольные напитки и пиво:									
Всего, млн дкл	110,6	145,9	126,3	79,8	139,9	112,8	117,5	131,1	137,2
На душу населения, л	8,48	10,52	8,81	5,38	9,45	7,65	8,07	9,07	9,54
Табачные изделия:									
Всего, млрд, шт.	208,0	248,5	249,3	245,8	207,0	218,9	335,4	390,1	371,5
На душу населения, тыс. шт.	1,6	1,8	1,7	1,7	1,4	1,5	2,4	2,7	2,6

Практическое задание 10

В 1990 г. концентрация CO_2 в атмосфере составляла 340 мг/кг. Известно, что концентрация CO_2 в атмосфере ежегодно увеличивается на 0,5 %. Постройте зависимость концентрации CO_2 в атмосфере от времени. По ней составьте следующие прогнозы:

- на сколько увеличится концентрация CO_2 в атмосфере к 2050 г.;
- в каком году концентрация CO_2 увеличится в два раза, т.е. можно ожидать потепление климата на 3-5 °С.

Указания к выполнению:

Чтобы построить зависимость концентрации CO_2 в атмосфере от времени, сначала составьте таблицу (табл. 56).

Таблица 56

Концентрация (C) CO_2	340	C_1	C_2		C_n
Года	1990	1991	1992		2050

Концентрация CO_2 находится по формулам

$$C_1 = 340 + \frac{340 \cdot 0,5}{100}, \text{ мг/кг},$$

$$C_2 = C_1 + \frac{C_1 \cdot 0,5}{100}, \text{ мг/кг и т.д.},$$

где $C_1 \dots C_n$ – концентрация углекислого газа в зависимости от года, мг/кг.

По данным таблицы постройте график зависимости концентрации от времени.

Практическое задание 11

Пораженное колорадским жуком картофельное поле площадью 1000 м² было обработано 2 кг гептахлора. Постройте график зависимости концентрации пестицида от времени полураспада и по нему определите через сколько лет можно сажать растения на этом поле, если период полураспада гептахлора составляет 9 лет. ПДК гептахлора – 5 мг/м².

Указания к выполнению:

Определить начальную концентрацию гептахлора на данном участке:

$$C_H = \frac{M}{S}, \text{ мг/м}^2, \quad (35)$$

где M – количество использованного на участке гептахлора, мг;

S – площадь участка, м².

Чтобы построить зависимость концентрации гептахлора от времени полураспада, необходимо составить табл. 57.

Таблица 57

Концентрация гептахлора (ось Y)	C_n	$C_{n/2}$		C_x
Время полураспада (ось X)	0	9		B

По данным табл. 57 постройте график зависимости $C_{\text{гептахлора}} = f(\tau_{1/2})$,
где $\tau_{1/2}$ – время полураспада.

По графику определить величину B , т.е. время, при котором концентрация гептахлора будет равна ПДК.

Практическое задание 12

В марте 1973 г. при аварии супертанкера «Амоно-Калис» у берегов Франции было выброшено в море 230 тыс. т нефти. Рассчитайте объем воды, в котором погибла рыба, если гибель рыбы происходит при концентрации нефти 15 мг/л.

Указания к выполнению:

Определить объем воды, в котором погибла рыба:

$$V = \frac{M_n}{C_n}, \text{ м}^3, \quad (36)$$

где M_n – масса выброшенной в море нефти, ($1 \text{ т} = 1 \cdot 10^6$, мл), мл;
 C_n – концентрация нефти, при которой происходит гибель рыбы, мг/л.

Практическое задание 13

В 1976 г. в результате взрыва танкера «Уирколо» у берегов Испании было выброшено в море 100 тыс. т нефти. Какая площадь воды (S) была при этом покрыта нефтяной пленкой, если толщина пленки (L) примерно 3 мм, а плотность нефти (ρ) 800 кг/м³ ?

Указания к выполнению:

Определить объем нефти:

$$V = \frac{M}{\rho}, \text{ м}^3, \quad (37)$$

где M – масса нефти, кг;
 ρ – плотность нефти, кг/м³.

Площадь воды, которая была покрыта нефтяной пленкой

$$S = \frac{V}{L}, \text{ м}^2, \quad (38)$$

где L – толщина пленки, м.

Практическое задание 14

Рассчитать индекс человеческого развития (ИЧР) в отдельных странах мира.

Указания к выполнению:

Для сопоставления стран по уровню социального развития ООН предложен индекс человеческого развития. Он вычисляется как средневзвешенное частных индексов человеческого развития (долголетия, образования, благопо-

лучия). Индекс долголетия учитывает: ожидаемую продолжительность жизни; образование – грамотность населения и полноту охвата населения обучением; благополучие – ВВП (доход на душу населения).

ИЧР вычисляется по формуле

$$ИЧР = \sum_{i=1}^4 a_i \frac{X_i - X_{i\min}}{X_{i\max} - X_{i\min}}, \quad (39)$$

где $X_{i\max}$ и $X_{i\min}$ – максимальное и минимальное значения частных индексов человеческого развития;

X_i – конкретные значения частного индекса (для страны, региона, континента);

a_i – весовые коэффициенты показателей, подобранные так, чтобы частные индексы имели вес ($a_1=1/3$, $a_2=2/9$, $a_3=1/9$, $a_4=1/3$).

Поскольку разброс значения ВВП на душу населения очень велик, для расчета используют не сами значения, а их десятичные логарифмы:

$$\frac{\lg X_{i\text{фак}} - \lg X_{i\min}}{\lg X_{i\max} - \lg X_{i\min}}. \quad (40)$$

В формулы подставляем реальные и табличные значения (табл. 58).

Таблица 58

Фиксированные данные для расчета показателей

Показатель	$X_{\min}$	$X_{\max}$	a_i
Ожидаемая продолжительность жизни, лет	25	85	0,33
Процент грамотных	0	100	0,22
Процент получающих образование	0	100	0,11
ВВП/чел., долл. (десятичный логарифм)	100 2	40000 4,6	0,33

Примечание: ВВП на душу населения в национальной валюте пересчитывается в доллары.

Используя данные табл. 59, определить ИЧР некоторых стран. Выделите страны с высоким, средним и низким уровнем социального развития. К каким мировым регионам они относятся?

Уровень благосостояния и качества жизни в отдельных странах мира

Страна	Продолжительность жизни	Процент грамотных	Уровень образования	ВВП на душу населения	ИЧР
Россия	66,75	99,55	78,5	6880	
Болгария	71	98,5	77,5	6740	
Китай	70,75	92,5	63,5	3950	
Польша	73,6	99,75	88,5	9370	
США	76,85	100	93,5	34280	
Турция	70,2	85,45	59,5	5830	
Украина	69,25	99,65	81	4270	
Япония	81,2	100	83	25550	
Чехия	75,05	100	76,5	14320	
Швеция	79,9	100	113	23800	

Практическое задание 15

Будет ли превышен уровень ПДК ртути в комнате, если в ней разбит термометр? Площадь комнаты S , м^2 , а высота потолков h , м, масса разлившейся ртути 1 г. ПДК ртути $0,0003 \text{ мг/м}^3$.

Указания к выполнению:

Объем комнаты

$$V = S \cdot h, \text{ м}^3, \quad (41)$$

где S – площадь комнаты, м^2 ;

h – высота комнаты, м.

Концентрация ртути в комнате

$$C = \frac{M_p}{V}, \text{ мг/м}^3, \quad (42)$$

где M_p – масса ртути, мг.

Практическое задание 16

При сгорании 1 л этилированного бензина в атмосферу выбрасывается 1 г свинца. Какой объем воздуха будет загрязнен, если автомобиль проехал 200 км? Расход бензина составляет 0,1 л на 1 км. ПДК свинца – $0,0007 \text{ мг/м}^3$.

Указания к выполнению:

Определить массу бензина, которая будет израсходована, когда автомобиль проедет 200 км по формуле

$$m = \rho \cdot L, \text{ л}, \quad (43)$$

где m – масса бензина, л; L – длина пути, км; ρ – расход бензина, л/км.

Определить, сколько свинца выбрасывается в атмосферу при сгорании бензина:

$$M_{св} = m \cdot q, \text{г}, \quad (44)$$

где q – выброс свинца в атмосферу при сгорании 1 л бензина, г/л.

Объем загрязненного воздуха

$$V = \frac{M_{св}}{ПДК}, \text{м}^3. \quad (45)$$

Практическое задание 17

Проранжировать четыре района по трем показателям. Исходные данные приведены в табл. 60.

Таблица 60

Исходные данные ранжирования районов

Наименование показателя	Наименование района			
	А	Б	В	Г
Выброс вредных веществ, т/км ²	0,5	1,3	0,7	0,8
Сброс сточных вод, м ³ /год	5,1	8,4	9,0	6,0
Выброс вредных веществ на душу населения, т/год	20,4	17,8	21,8	19,1

Указания к выполнению:

Данные табл. 60 следует масштабировать, т.е. привести все показатели к одним единицам измерения, к одному интервалу измерения и одному направлению оптимизации. Для этого следует воспользоваться формулой

$$\omega_{ijt} = \begin{cases} \frac{\max(f_{ijt}) - f_{ijt}}{\max(f_{ijt}) - \min f_{ijt}} & \text{для } i \in I^{max}, \\ \frac{f_{ijt} - \min(f_{ijt})}{\max(f_{ijt}) - \min f_{ijt}} & \text{для } i \in I^{min}, \end{cases} \quad (46)$$

где f_{ijt} – значение эколого-экономического показателя i , характеризующие состояние j -го района в год t ;

I^{max}, I^{min} – множество показателей, которые должны увеличиваться (уменьшаться) для улучшения эколого-экономического состояния района области.

Практическое задание 18

В результате аварийного сброса сточных вод, в которых содержалось 60 г сурьмы, было загрязнено пастбище площадью 1000 м², глубина проникновения вод составляет 0,5 м. Можно ли пить молоко коров, которые паслись на этом пастбище, если на каждом звене пищевой цепи происходит накопление токсичных веществ в 10-кратном размере? ПДК сурьмы в молоке 0,05 мг/кг.

Указания к выполнению:

Определить массу почвы, которая была загрязнена сточными водами:

$$M_{\text{поч}} = S \cdot h \cdot \rho, \text{ кг}, \quad (47)$$

где S - площадь пастбища, м^2 ;

h – глубина проникновения вод, м ;

ρ – плотность воды, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Концентрация сурьмы в почве

$$C_n = \frac{M_{\text{сур}}}{M_{\text{поч}}}, \text{ г/кг}, \quad (48)$$

где $M_{\text{сур}}$ – масса сурьмы, содержащейся в сточных водах, г .

Схема пищевой цепи

почва-трава-корова(молоко).

Концентрация сурьмы в молоке

$$C_m = C_n \cdot 100, \text{ г/кг}. \quad (49)$$

Практическое задание 19

Оцените срок истощения природного ресурса, если известен уровень добычи ресурса в текущем году, а потребление ресурса в последующие годы будет возрастать с заданной скоростью прироста ежегодного потребления.

Указания к выполнению:

Для расчета можно воспользоваться формулой суммы членов ряда геометрической прогрессии

$$Q = \frac{\left(1 + \frac{\text{ТР}}{100}\right)^t - 1}{\frac{\text{ТР}}{100}} \cdot q, \quad (50)$$

где Q – запас ресурсов, q – годовая добыча ресурса, ТР – прирост потребления ресурса, t – число лет.

Логарифмирование выражения для Q дает следующую формулу для расчета срока истощения ресурса:

$$t = \frac{\ln\left(\frac{Q \cdot \text{ТР}}{q \cdot 100} + 1\right)}{\ln\left(1 + \frac{\text{ТР}}{100}\right)}. \quad (51)$$

Задания по вариантам

Вариант 1. Оцените срок истощения природного ресурса при следующих исходных данных: ресурс – каменный уголь; запас ресурса 6800 млрд т; добыча – 3,9 млрд т/год; прирост объема потребления ресурса 2 %.

Вариант 2. Оцените срок истощения природного ресурса при следующих исходных данных: ресурс – природный газ; запас ресурса 280 млрд т; добыча – 1,7 млрд т/год; прирост объема потребления ресурса 1,5 %.

Вариант 3. Оцените срок истощения природного ресурса при следующих исходных данных: ресурс – нефть; запас ресурса 250 млрд т; добыча – 3,5 млрд т/год; прирост объема потребления ресурса 2 %.

Вариант 4. Оцените срок истощения природного ресурса при следующих исходных данных: ресурс – железо; запас ресурса 12000 млрд т; добыча – 0,79 млрд т/год; прирост объема потребления ресурса 2,5 %.

Вариант 5. Оцените срок истощения природного ресурса при следующих исходных данных: ресурс – свинец; запас ресурса 0,15 млрд т; добыча – 0,004 млрд т/год; прирост объема потребления ресурса 2,2 %.

Практическое задание 20

Водоем, в котором разводили товарную рыбу, был загрязнен сточными водами, содержащими 10 кг фтора. Можно ли употреблять эту рыбу в пищу, если на каждой ступени пищевой цепи происходит накопление токсичных отходов в 10-кратном размере? Площадь водоема 100 м², глубина его 10 м, ПДК фтора в рыбе 10 мг/кг, плотность воды 1000 кг/м³.

Указания к выполнению:

Определить объем водоема:

$$V = S \cdot h, \text{ м}^3, \quad (52)$$

где S – площадь водоема, м²;

h – глубина водоема, м.

Определить массу загрязненной воды:

$$M_{\text{воды}} = V \cdot \rho, \text{ кг}, \quad (53)$$

где ρ – плотность воды, кг/м³.

Концентрацию фтора в воде можно определить по формуле

$$C_{\phi} = \frac{M_{\phi}}{M_{\text{воды}}}, \text{ г/кг}, \quad (54)$$

где M_{ϕ} – масса фтора, г.

Составить схему пищевой цепи и определить концентрацию фтора в рыбе:

$$C_{\text{рыбы}} = 100C_{\phi}, \text{ г/кг}. \quad (55)$$

Задания по вариантам

Вариант 1. Будет ли превышен уровень ПДК ртути в комнате, если в ней разбит термометр? Площадь комнаты $S=17 \text{ м}^2$, а высота потолков $h=3,2 \text{ м}$, масса разлившейся ртути 1 г . ПДК ртути $0,0003 \text{ мг/м}^3$.

Вариант 2. Будет ли превышен уровень ПДК ртути в комнате, если в ней разбит термометр? Площадь комнаты $S=20 \text{ м}^2$, а высота потолков $h=2,5 \text{ м}$, масса разлившейся ртути 1 г . ПДК ртути $0,0003 \text{ мг/м}^3$.

Вариант 3. Будет ли превышен уровень ПДК ртути в комнате, если в ней разбит термометр? Площадь комнаты $S=35 \text{ м}^2$, а высота потолков $h=3,5 \text{ м}$, масса разлившейся ртути 1 г . ПДК ртути $0,0003 \text{ мг/м}^3$.

Вариант 4. Будет ли превышен уровень ПДК ртути в комнате, если в ней разбит термометр? Площадь комнаты $S=30 \text{ м}^2$, а высота потолков $h=4 \text{ м}$, масса разлившейся ртути 1 г . ПДК ртути $0,0003 \text{ мг/м}^3$.

Вариант 5. Будет ли превышен уровень ПДК ртути в комнате, если в ней разбит термометр? Площадь комнаты $S=18 \text{ м}^2$, а высота потолков $h=3 \text{ м}$, масса разлившейся ртути 1 г . ПДК ртути $0,0003 \text{ мг/м}^3$.

Практическое задание 21

Рассчитать время осветления сточных вод от взвешенных частиц, основные размеры отстойника и массу уловленного осадка.

Указания к выполнению:

Определить необходимый эффект осветления сточной воды по формуле

$$\Xi = \frac{C_n - C_k}{C_n} \cdot 100, \%, \quad (56)$$

где C_k – допустимая конечная концентрация взвешенных частиц в осветленной воде (принять $C_k=100 \text{ г/м}^3$);

C_n - начальная концентрация взвешенных частиц в сточной воде, г/м^3 .

Определить секундный расчетный расход сточных вод по формуле

$$Q = \frac{k_n \cdot Q}{24 \cdot 3600}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (57)$$

где k_n – коэффициент неравномерности поступления сточных вод в отстойник (принимается $k_n=2,0$).

Рассчитать условную гидравлическую крупность по формуле

$$u_0 = \frac{1000 k_H}{\alpha \cdot t \left(\frac{k_H}{h}\right)^n} - W, \text{ мм/с}, \quad (58)$$

где k – коэффициент, зависящий от типа отстойника (принимается для горизонтальных отстойников $k=0,5$; для вертикальных – $k=0,35$);

α - коэффициент, учитывающий влияние температуры сточной воды на вязкость (определяется по табл. 61).

t – продолжительность отстаивания в эталонном цилиндре, соответствующая необходимому эффекту осветления (определяется по табл. 62), с;

h – высота эталонного цилиндра, принимается равной 0,5 м;

n – коэффициент, зависящий от свойств взвешенных веществ, принимается для коагулирующих веществ $n=0,25$; мелкодисперстных минеральных $n=0,4$; структурных тяжелых $n=0,6$;

w – вертикальная турбулентная составляющая скорости движения воды, препятствующая выпадению взвешенных частиц в осадок (при исходных значениях v величина w близка к нулю).

Таблица 61

$T, ^\circ C$	10	15	20	25	30
α	1,3	1,14	1,0	0,9	0,8

Таблица 62

Продолжительность отстаивания сточных вод в цилиндре высотой 0,5 м в зависимости от эффекта осветления

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания, с, взвешенных частиц при их концентрации, г/м ³										
	коагулирующих				Мелкодисперсных минеральных				Структурных тяжелых		
	100	200	300	500	500	1000	2000	3000	200	300	400
20	600	300	-	-	150	140	100	40	-	-	-
30	900	540	320	260	180	150	120	50	-	-	-
40	1320	650	450	390	200	180	150	60	75	60	45
50	1900	900	640	450	240	200	180	80	120	90	60
60	3800	1200	970	680	280	240	200	100	180	120	75
70	-	3600	2600	1830	360	280	230	130	390	180	130
80	-	-	-	5260	1920	690	570	370	300	580	380
90	-	-	-	-	-	2230	1470	1080	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	3600	1850	-	-	-

Определить основные размеры отстойников. Радиус вертикальных отстойников устанавливается по формуле

$$R = \sqrt{\frac{1000q}{\pi k_0 u_0}}, \text{ м}, \quad (59)$$

где k_0 – коэффициент использования объема отстойника (принимается для отстойников с центральной впускной трубой $k_0=0,35$).

Ширина B и длина L горизонтальных отстойников рассчитывается по формулам

$$B = \frac{q}{v \cdot H} \cdot 10^3, \text{ м}, \quad (60)$$

$$L = \frac{v \cdot H}{k_0 \cdot u_0}, \text{ м}, \quad (61)$$

где k_0 – коэффициент объемного использования (принимается $k_0=0,5$).

Массу уловленного осадка можно определить по формуле

$$M_{OC} = 1,2 C_H \cdot \varepsilon \cdot Q \cdot 10^{-8}, \text{ т/сут.} \quad (62)$$

Задания по вариантам

Вариант 1. Рассчитать время осветления сточных вод от коагулирующих взвешенных веществ, основные размеры отстойника и массу уловленного осадка при следующих исходных данных: объем сточных вод, подлежащих очистке $Q=12 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{сут.}$; начальная концентрация взвешенных частиц в сточной воде $C_H=250 \text{ г/м}^3$; средняя скорость потока в рабочей зоне $v=6 \text{ мм/с}$; глубина проточной части (высоты зоны охлаждения) отстойника $H=4 \text{ м}$; отстойник вертикальный, температура сточной воды $T=15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вариант 2. Рассчитать время осветления сточных вод от мелкодисперсных минеральных веществ, основные размеры отстойника и массу уловленного осадка при следующих исходных данных: объем сточных вод, подлежащих очистке $Q=8 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{сут.}$; начальная концентрация взвешенных частиц в сточной воде $C_H=1000 \text{ г/м}^3$; средняя скорость потока в рабочей зоне $v=10 \text{ мм/с}$; глубина проточной части (высоты зоны охлаждения) отстойника $H=2,5 \text{ м}$; отстойник горизонтальный, температура сточной воды $T=30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вариант 3. Рассчитать время осветления сточных вод от структурных тяжелых взвешенных веществ, основные размеры отстойника и массу уловленного осадка при следующих исходных данных: объем сточных вод, подлежащих очистке $Q=20 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{сут.}$; начальная концентрация взвешенных частиц в сточной воде $C_H=400 \text{ г/м}^3$; средняя скорость потока в рабочей зоне $v=8 \text{ мм/с}$; глубина проточной части (высоты зоны охлаждения) отстойника $H=3 \text{ м}$; тип отстойника - вертикальный, температура сточной воды $T=20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вариант 4. Рассчитать время осветления сточных вод от коагулирующих взвешенных веществ, основные размеры отстойника и массу уловленного осадка при следующих исходных данных: объем сточных вод, подлежащих очистке $Q=10 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{сут.}$; начальная концентрация взвешенных частиц в сточной воде $C_H=200 \text{ г/м}^3$; средняя скорость потока в рабочей зоне $v=5 \text{ мм/с}$; глубина проточной части (высоты зоны охлаждения) отстойника $H=3,2 \text{ м}$; тип отстойника - горизонтальный, температура сточной воды $T=10 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вариант 5. Рассчитать время осветления сточных вод от мелкодисперсных минеральных веществ, основные размеры отстойника и массу уловленного

осадка при следующих исходных данных: объем сточных вод, подлежащих очистке $Q=15 \cdot 10^3$ м³/сут.; начальная концентрация взвешенных частиц в сточной воде $C_n=500$ г/м³; средняя скорость потока в рабочей зоне $v=7$ мм/с; глубина проточной части (высоты зоны охлаждения) отстойника $H=1,8$ м; отстойник вертикальный, температура сточной воды $T=25$ °С.

Практическое задание 22

При санобработке кухни площадью S , м², высота потолка h , м, использовали один аэрозольный баллончик хлорофоса массой 200 г. Можно ли находиться в этом помещении без вреда для здоровья, если ПДК хлорофоса 0,04 мг/м³?

Указания к выполнению:

Определить объем комнаты:

$$V = S \cdot h, \text{ м}^3, \quad (63)$$

где S - площадь помещения, м²;

h – высота помещения, м.

Концентрацию хлорофоса в комнате можно определить по формуле

$$C = \frac{M}{V}, \text{ мг/м}^3, \quad (64)$$

где M – масса израсходованного хлорофоса, мг.

Задания по вариантам

Вариант 1. При санобработке кухни площадью 10 м², высота потолка 3,2 м, использовали один аэрозольный баллончик хлорофоса массой 200 г. Можно ли находиться в этом помещении без вреда для здоровья, если ПДК хлорофоса 0,04 мг/м³?

Вариант 2. При санобработке кухни площадью 18 м², высота потолка 2,5 м, использовали один аэрозольный баллончик хлорофоса массой 200 г. Можно ли находиться в этом помещении без вреда для здоровья, если ПДК хлорофоса 0,04 мг/м³?

Вариант 3. При санобработке кухни площадью 30 м², высота потолка 2,8 м, использовали один аэрозольный баллончик хлорофоса массой 200 г. Можно ли находиться в этом помещении без вреда для здоровья, если ПДК хлорофоса 0,04 мг/м³?

Вариант 4. При санобработке кухни площадью 6 м², высота потолка 2,5 м, использовали один аэрозольный баллончик хлорофоса массой 200 г. Можно ли находиться в этом помещении без вреда для здоровья, если ПДК хлорофоса 0,04 мг/м³?

Вариант 5. При санобработке кухни площадью 12 м², высота потолка 3 м, использовали один аэрозольный баллончик хлорофоса массой 200 г. Можно ли

находиться в этом помещении без вреда для здоровья, если ПДК хлорофоса 0,04 мг/м³?

Практическое задание 23

Определить размер годового ущерба от загрязнения атмосферы.

Указания к выполнению:

Экологический ущерб – отрицательные изменения в ОС, вызванные различного рода воздействиями: ее загрязнением, изъятием или нарушением качества ресурсов. Зачастую источником таких негативных воздействий становится антропогенная деятельность. Денежная оценка негативных изменений в ОС и формирует величину экономического ущерба.

Расчет годовых величин экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха определяется по формуле

$$Y_{ij} = \gamma \cdot \sigma \cdot f_{ji} \cdot \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_{ij}, \text{ руб.}, \quad (65)$$

где γ – денежная оценка единицы выбросов, руб./усл.т. Для Центрально-Черноземного района равен 62,8 руб., для Центрального – 74 руб., (в ценах 1999 г);

σ – коэффициент, позволяющий учесть региональные особенности территории, подверженной вредному воздействию (табл. 63);

f_{ji} – поправка, учитывающая характер рассеяния примеси в атмосфере;

A_i – показатель относительной агрессивности i -го ЗВ, усл.т/т, табл. 64;

m_{ij} – выброс i -го вида примеси загрязнителя, т/год.

Таблица 63

Показатель относительной опасности загрязнения σ атмосферного воздуха над территорией различных типов

Тип загрязняемой территории	Значение σ
Курорты, санатории, заповедники, заказники	10
Населенные пункты с плотностью n чел./га	$0,1 \cdot n$
Населенные места с плотностью более 300 чел./га	8
Территории промышленных предприятий и промышленных узлов	4

Таблица 64

Показатели агрессивности некоторых примесей в атмосферном воздухе

Вещество	A_i
Оксид углерода	1
Сернистый ангидрид	22
Серная кислота	49
Древесная пыль	19,6
Оксиды азота в перерасчете на NO ₂ (по массе)	41,1
Хлор молекулярный	89,4
Сероводород	41,1
Фенол	2890
Цианистый водород	282
Аммиак	10,4

Задания по вариантам

Вариант 1. Определить годовой ущерб, наносимый ОС загрязнениями по следующим данным. Годовые выбросы в атмосферу: 2 т серной кислоты, 4 000 т древесной пыли, 3 500 т окиси углерода, 6 000 т сернистого газа, 2 т хлора. Плотность населения – 200 чел./га. Центральный район. Поправка, учитывающая характер рассеяния примесей в атмосфере, – 3,69.

Вариант 2. Дать экономическую оценку ущерба в результате воздействия промышленного объекта на атмосферу. Населенный пункт, где расположено предприятие, расположен в Центрально-Черноземном районе, относится к категории промышленных центров. Характер рассеивания примесей в атмосфере учитывается с помощью поправки $f=1$. Годовые объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составляют: сернистый ангидрид - 62,7 т, оксид углерода – 58 000 т, пыль древесная – 200 т, оксиды азота – 9 500 т.

Вариант 3. Промышленным предприятием города ежегодно выбрасывается в атмосферу следующие объемы ЗВ: окись углерода – 0,25 т; сернистого газа – 0,1 т; сероводорода – 0,6 т; фенолов - 0,35 т. Безразмерная поправка, характеризующая рассеяние примеси, – 0,812. Тип территории – территория промышленного предприятия. Место расположения – Центрально-Черноземный район.

Вариант 4. Промышленные предприятия города осуществляют следующие выбросы в атмосферу: 4 т сероводорода; 200 т окиси углерода; 25 000 оксидов азота; 66 т фенола; 0,7 т цианистого водорода. Определить размер годового ущерба от загрязнения атмосферы. Поправка $f=3,13$. Поправка на тип территории равна 4. Центрально-Черноземный район.

Вариант 5. Ежегодные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу города составляют 600 000 окиси углерода; 36 000 т окислов азота; 2 800 т сероводорода; 1 300 т аммиака; 1 800 т фенола. Плотность населения 280 чел./га. Определить годовой ущерб от загрязнения. Центральный район.

Практическое задание 24

Определить экономическую оценку ущерба от загрязнения водоемов сбросами вредных веществ.

Указания к выполнению:

Экономическая оценка ущерба водоемам проводится по формуле

$$Z_{\text{водн}} = \rho \cdot \beta \sum_{i=1}^n D_i V_{it}, \quad (66)$$

где ρ – денежная оценка единицы сбросов, руб./усл.т.;

β – коэффициент, позволяющий учесть особенности водоема, подверженного вредному воздействию, табл. 65;

D_i – коэффициент приведения смеси к монозагрязнителю, усл.т/т, табл. 66;

V_{it} – объем сброса i -го вида примеси загрязнителя.

Таблица 65

**Значение коэффициента β
для различных водохозяйственных участков**

Наименование бассейнов, рек и створов	Коэффициент
Финский залив	1,8
Нева	1,6
Нарва	1,4
Рижский залив	1,8
Западная Двина	1,4
Ладожское озеро	2,5
Онежское озеро	2,5
Дунай	1,8
Тиса	1,9
Днепр	1,8
Припять	1,4
Реки Черноморского побережья Кавказа	1,9
Дон	2,4
Воронеж	2,5
Кубань	2,6
Волга	1,2
Ока	2,2
Москва	2,9
Кама	1,6
Урал	1,5

Таблица 66

**Относительная эколого-экономическая опасность для некоторых
распространенных веществ, загрязняющих водоемы**

Группы загрязняющих веществ	Показатель относительной эколого-экономической опасности, усл.т/т
Сульфаты, хлориды	0,05
Взвешенные вещества	0,10
Нитраты	0,20
Фосфаты, фосфор	2,00
Железо, марганец	2,50
Нитраты	12,50
Цинк, никель, свинец, вольфрам	25,00
Токсичные соединения: ртуть, мышьяк	145,00
Химическая потребность в кислороде (ХПК)	0,07
Биохимическая потребность в кислороде (БПК _{полн})	1,00
Нефть, нефтепродукты, жиры, масла	5,00
Формальдегид, бутиловый спирт	15,00

Задания по вариантам

Вариант 1. Определить экономическую оценку ущерба от загрязнения водоемов сбросами вредных веществ в регионе за три года, если известно, что на территории рассматриваемого региона находятся водные объекты: Финский залив, реки Нева и Нарва. Загрязняющие вещества: сброс за 1-й год: нитратов – 160 т; БПК_{полн} 254 т, нефти и нефтепродуктов – 380 т, фосфора – 586 т; сброс за 2-й год: нитратов – 130 т, БПК_{полн} – 306 т, нефти и нефтепродуктов – 240 т, фосфора – 490 т; сброс за 3-й год: нитратов – 90 т, БПК_{полн} – 300 т, нефти и нефтепродуктов – 290 т, фосфора – 308 т.

Вариант 2. Определить экономический ущерб в результате загрязнения промышленным предприятием водного объекта. Годовые массы веществ, поступающих в водный объект со стоками, следующие: нефтепродукты – 7,5 т, взвешенные вещества – 117 т, сульфаты – 1420 т, хлориды – 1,3 т, нитраты – 1317 т. Населенный пункт, где находится предприятие, расположен в бассейне реки Дон.

Вариант 3. Определить экономическую оценку ущерба от загрязнения водоемов сбросами вредных веществ в регионе за три года, если известно, что на территории рассматриваемого региона находится река Волга. Загрязняющие вещества: сброс за 1-й год: нитратов – 175 т; БПК_{полн} – 284 т, нефти и нефтепродуктов – 280 т, фосфора – 782 т; сброс за 2-й год: нитратов – 190 т, БПК_{полн} – 286 т, нефти и нефтепродуктов – 240 т, фосфора – 560 т; сброс за 3-й год: нитратов – 98 т, БПК_{полн} – 294 т, нефти и нефтепродуктов – 290 т, фосфора – 308 т.

Вариант 4. Определить экономическую оценку ущерба от загрязнения водоемов сбросами вредных веществ в регионе за три года, если известно, что на территории рассматриваемого региона находится река Воронеж. Загрязняющие вещества: сброс за 1-й год: нитратов – 125 т; БПК_{полн} – 154 т, нефти и нефтепродуктов – 402 т, фосфора – 512 т; сброс за 2-й год: нитратов – 190 т, БПК_{полн} – 286 т, нефти и нефтепродуктов – 240 т, фосфора – 560 т; сброс за 3-й год: нитратов – 112 т, БПК_{полн} – 340 т, нефти и нефтепродуктов – 400 т, фосфора – 2520 т.

Вариант 5. Определить экономическую оценку ущерба от загрязнения водоемов сбросами вредных веществ в регионе за три года, если известно, что на территории рассматриваемого региона находится река Москва. Загрязняющие вещества: сброс за 1-й год: нитратов – 195 т; БПК_{полн} – 308 т, нефти и нефтепродуктов – 364 т, фосфора – 700 т; сброс за 2-й год: нитратов – 260 т, БПК_{полн} – 196 т, нефти и нефтепродуктов – 350 т, фосфора – 260 т; сброс за 3-й год: нитратов – 122 т, БПК_{полн} – 354 т, нефти и нефтепродуктов – 250 т, фосфора – 267 т.

Практическое задание 25

Определить темпы естественного роста населения региона в текущем году, используя данные о количестве родившихся и умерших за отчетный период, содержащиеся в отчете Регионального комитета по госстатистике. Рассчитайте

период времени, через который численность населения области изменится на заданную в варианте данных величину при сохранении текущих темпов естественного роста.

Указания к выполнению:

Количество населения N через t лет от начала расчета, исходя из экспоненциального закона, определяется по формуле

$$N = N_0 \cdot e^{\frac{TP-t}{100}}, \quad (67)$$

где TP - темпы прироста (или убыли) населения за расчетный период t , %;
ОКР, ОКС - среднее число рождений и смертей соответственно на 1000 человек в год; N_0 - численность населения на начало расчетного периода времени.

$$\text{ОКР} = \frac{P}{N_0} \cdot \frac{12}{T} \cdot 1000; \quad (68)$$

$$\text{ОКС} = \frac{C}{N_0} \cdot \frac{12}{T} \cdot 1000; \quad (69)$$

$$TP = \frac{\text{ОКР} - \text{ОКС}}{10}, \quad (70)$$

где T - отчетный период.

Логарифмирование выражения для N дает следующую формулу для расчета периода времени изменения численности

$$t = \frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{\frac{TP}{100}}. \quad (71)$$

Задания по вариантам

Вариант 1. Определить темпы естественного роста населения региона в текущем году, используя данные о количестве родившихся и умерших за отчетный период - 6 месяцев, содержащиеся в отчете Регионального комитета по госстатистике. Количество родившихся за этот период 4154 человек, количество умерших 13213 человек. Средняя численность населения региона $1,3 \cdot 10^6$ человек. Рассчитайте период времени, через который численность населения области уменьшится на 25 %.

Вариант 2. Определить темпы естественного роста населения региона в текущем году, используя данные о количестве родившихся и умерших за 6 месяцев. Количество родившихся за этот период 9784 человек, количество умерших 8561 человек. Средняя численность населения региона $830 \cdot 10^3$ человек. Рассчитайте период времени, через который численность населения области увеличится на 25 %.

Вариант 3. Определить темпы естественного роста населения региона в текущем году, используя данные о количестве родившихся и умерших за отчетный период - 10 месяцев, содержащиеся в отчете Регионального комитета

по госстатистике. Количество родившихся за этот период 179 человек, количество умерших 590 человек. Средняя численность населения региона $40 \cdot 10^3$ человек. Рассчитайте период времени, через который численность населения области уменьшится на 50 %.

Вариант 4. Определить темпы естественного роста населения региона в текущем году, используя данные о количестве родившихся и умерших за отчетный период – 4 месяца. Количество родившихся за этот период 1460 человек, количество умерших 930 человек. Средняя численность населения региона $339 \cdot 10^3$ человек. Рассчитайте период времени, через который численность населения области увеличится на 50 %.

Вариант 5. Определить темпы естественного роста населения региона в текущем году, используя данные о количестве родившихся и умерших за 8 месяцев. Количество родившихся за этот период 2941 человек, количество умерших 2410 человек. Средняя численность населения региона $284 \cdot 10^3$ человек. Рассчитайте период времени, через который численность населения области увеличится на 15 %.

Заключение

В условиях технического прогресса неизбежно нарастают техногенные воздействия на окружающую среду. Любая деятельность человека несет в себе потенциальную опасность для живой природы.

В учебном пособии рассмотрены вопросы и оценка негативного воздействия антропогенной деятельности человека на окружающую среду и непосредственно на самого человека.

Изучение и овладение объемом информации, представленной в настоящем пособии, является необходимым важным этапом образования для каждого инженера, который задумывается о будущем цивилизации на земле. В любой отрасли хозяйства необходимо знать стандарты, нормы, правила и другие нормативные акты и соблюдать их для обеспечения экологической безопасности.

Авторы надеются, что сведения, приведенные в настоящем пособии в области исследования количественных и качественных воздействий антропогенной деятельности человека на окружающую среду, безусловно будут полезны будущим инженерам в их практической деятельности.

Практикум может быть полезен студентам для выполнения раздела «Экологичность и безопасность проектируемого объекта» при разработке дипломного проекта.

Библиографический список

1. Булгакова, Н.Г. Практикум-руководство «Контроль за выбросами в атмосферу и работой газоочистительных установок на предприятиях машиностроения» / Н.Г. Булгакова, Л.С. Василевская. - М.: Машиностроение, 1994. – 128 с.
2. Богословский, В.Н. Отопление и вентиляция/В.Н. Богословский. - М.: Стройиздат, 1969.-439 с.
3. Жуков, А.И. Методы очистки производственных сточных вод/ А.И. Жуков, И.Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер. - М.: Стройиздат, 1977.-128с.
4. ГОСТ 17.2.1.04-77. Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. - М.: Изд-во стандартов, 1984. - 132 с.
5. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М.: Изд-во стандартов, 1988.-75 с.
6. Золотницкий, Н.Д. Лабораторный практикум/ Н.Д. Золотницкий. - М.: Высш. Шк., 1979.-215 с.
7. Колотушкин, В.В. Безопасность жизнедеятельности. Лабораторный практикум/ В.В. Колотушкин, Э.В. Соловьева, Н.В. Заложных.- Воронеж, ВГАСУ, 2007. - 74 с.
8. Гогин, Н.П. Методические указания по выполнению практических работ по курсу “Экология”/ Н.П. Гогин, О.В. Маслеева. - Н.Новгород, НГТУ, 2007. – 15 с.
9. Маслеева, О.В. Методические указания по выполнению практических работ по курсу “Экология”/ О.В. Маслеева. - Н.Новгород, НГТУ, 2005. – 10 с.
10. Колотушкин, В.В. Методические указания к лабораторным и практическим занятиям для студентов 3-5-го курсов строительных специальностей. Экология / В.В. Колотушкин, Э.В. Соловьева, Н.В. Заложных, И.А. Карасева, Е.И. Головина. - Воронеж, ВГАСУ, 2005.- 41 с.
11. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. - Л.: Гидрометеиздат, 1986.-93 с.
12. Писарев, В.И. Безопасность жизнедеятельности/ В.И. Писарев. - Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет, 2001.- 288 с.
13. Сборник законодательных нормативных и методических документов для экспертизы воздухоохраных мероприятий. - Л.: Гидрометиздат, 1986.–320 с.
14. СНИП 2.04.05-91* Отопление, вентиляция и кондиционирование. - М.: Аренд. Произв. Предприятие ЦИТП, 1992. - 64с.
15. СНИП 23-03-2003. Защита от шума. – Санкт-Петербург, 2004. - 76 с.

16. Биргер, М.И. Справочник по пыле- и золоулавливанию/ М.И. Биргер, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков Б,И.: под ред. Русанова А.А. - М.: Энергоатомиздат, 1983.-321 с.
17. Широков, К.П. Международная система единиц/ К.П. Широков, М.Г. Богуславский. - М.: Изд-во стандартов, 1984.-132 с.

Приложение
Соотношения между некоторыми единицами физических
величин и единицами СИ

Наименование величины	Единица измерения физической величины	Единица измерения СИ	Соотношение единиц
Давление	мм вод. ст	Па	1 мм вод. ст.=9,8 Па
	мм рт. ст.	Па	1 мм рт. ст =133,3 Па
Количество теплоты	кал	Дж	1 кал =4,2 Дж
	Ккал	Дж	1 ккал=4,2 Дж

3

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1. Оценка запыленности рабочих мест.....	4
Лабораторная работа № 2. Определение концентрации газообразных веществ в воздухе рабочих помещений.....	10
Лабораторная работа № 3. Оценка микроклимата аудитории.....	14
Лабораторная работа № 4. Сравнительная оценка степени влияния автомобилей на загрязнение атмосферного воздуха.....	24
Лабораторная работа № 5. Определение показателей, характеризующих свойства воды.....	28
Лабораторная работа № 6. Исследование уровней шума.....	32
Практическое задание № 1. Расчет циклонов.....	39
Практическое задание № 2. Расчет загрязнения атмосферного воздуха технологическими выбросами.....	46
Практическое задание № 3. Демографические показатели населения.....	58
Практическое задание № 4. Определение категории экологической опасности предприятия по выбросам в атмосферу.....	67
Практическое задание № 5. Определение класса качества воды.....	71
Практическое задание 6.	74
Практическое задание 7.....	81
Практическое задание 8.....	81
Практическое задание 9.....	82
Практическое задание 10.....	83
Практическое задание 11.....	84
Практическое задание 12.....	85
Практическое задание 13.....	85
Практическое задание 14.....	85
Практическое задание 15.....	87
Практическое задание 16.....	87
Практическое задание 17.....	88
Практическое задание 18.....	89
Практическое задание 19.....	89
Практическое задание 20.....	90
Практическое задание 21.....	91
Практическое задание 22.....	94
Практическое задание 23.....	95
Практическое задание 24.....	97
Практическое задание 25.....	99
Заключение.....	101
Библиографический список.....	101

Учебное издание

Эльвира Владимировна Соловьева

Виктор Васильевич Колотушкин

Экология

*Практикум к выполнению лабораторных
и практических заданий
для студентов 3-5-го курсов
строительных специальностей*

Редактор Черкасова Т.О.

Подписано в печать 04.06.2011. Формат 60x84 1/16. Усл.-печ. л 6,5.
Уч.-изд. л. 6,6. Тираж экз. Бумага писчая. Заказ №

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства учебной
литературы и учебно-методических пособий
Воронежского государственного архитектурно-строительного университета
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84