

Министерство образования и науки РФ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

МОНИТОРИНГ И ЭКСПЕРТИЗА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Методические указания к выполнению практических заданий и курсовых работ по дисциплине «Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности» для студентов направления 280700 «Техносферная безопасность»

Белгород 2012

Министерство образования и науки РФ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

Кафедра безопасности жизнедеятельности

Утверждено
научно-методическим советом
университета

МОНИТОРИНГ И ЭКСПЕРТИЗА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Методические указания к выполнению практических заданий и курсовых работ по дисциплине «Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности» для студентов направления 280700 «Техносферная безопасность»

Белгород 2012

УДК 69.05.(07)
ББК 38.7-08я7
М 77

Составители: доктор техн. наук, проф. А.Н. Лопанов,
Канд. Тех. Наук, доц. Е.В. Климова

Рецензент канд. хим. наук, проф. Тарасова Г.И.

Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности:
М 77 методические указания к выполнению курсовой работы и
практических заданий / сост.: А.Н. Лопанов. – Белгород: Изд-во
БГТУ, 2008. – 61 с.

Методические указания к выполнению практических заданий и курсовых работ по
дисциплине «Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности» для
студентов направления 280700 «Техносферная безопасность»

УДК
69.05.(07)
ББК 38.7-
08я7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2008

Курс «Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности» призван сформировать теоретический фундамент знаний о системе мониторинга как совокупности знаний и условий предотвращения негативных воздействий на человека и окружающую среду. Задача курса – научить слушателей правильно оценивать опасность веществ и негативных воздействий в конкретных условиях эксплуатации оборудования, овладеть методами расчета параметров для решения практических задач защиты человека, природы.

В курсовой работе предлагается теоретически на основании расчетных методов определить параметры негативных воздействий, оценить опасность оборудования.

Порядок выполнения курсовой работы.

Курсовая работы выполняется на листах формата А4 и, как правило, состоит из следующих элементов.

1. Титульный лист.
2. Оглавление.
3. Введение.
4. Теоретическая часть.
5. Практическое выполнение лабораторной работы.
6. Заключение.
7. Библиографический список.

Титульный лист

Титульный лист является первой страницей пояснительной записки дипломного проекта и служит источником информации готовности КП для представления к защите. Титульный лист следует оформлять в соответствии с приложением 1.

Содержание

Содержание включает: Введение, наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование), Заключение, Список литературы и Приложения, если они наименованы, с указанием *номеров страниц*. Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту ПЗ ДП.

Введение

Во введении излагают *актуальность, цель* и основные *задачи, объект, предмет, методы*, наиболее значимые *результаты* и их практическую значимость.

При формулировке *цели* следует указывать «то, к чему стремятся, что надо осуществить», а также то, что в самом общем виде должно быть достигнуто при выполнении проекта. Формулировка *задач*, которые решаются в процессе дипломного проектирования, должна быть связана с целью проекта.

Аналитический обзор литературы.

Раздел должен содержать рассмотрение и оценку различных теоретических концепций, взглядов, методических подходов по решению рассматриваемой проблемы. Здесь должно быть дано четкое описание предмета (объекта) исследования, отмечены недостатки и слабые его стороны. Рекомендуются критически проанализировать функционирование аналогов предмета (объекта) исследования, как в российской практике, так и за рубежом.

В этом разделе работы автор анализирует существующий понятийный аппарат в исследуемой области, представляет свою трактовку определенных понятий (авторское определение), или дает критическую их оценку.

При освещении методологических основ исследуемой проблемы не допускается копирование содержания учебников, учебных пособий, монографий, Интернет-ресурсов без соответствующих ссылок на источник. При этом рекомендуется использовать систему включения ссылки прямо в текст раздела (в виде постраничных сносок).

Автор научной работы должен показать основные тенденции развития теории и практики в конкретной области и степень их отражения в отечественной и зарубежной научной и учебной литературе. Приоритет в первом разделе работы должен отдаваться использованию монографий, научных статей и учебной литературы.

Раздел также должен содержать обоснование выбора методологии исследования по рассматриваемой проблеме. При этом рекомендуется дать оценку предполагаемых методов исследования с точки зрения возможности и целесообразности их использования, преимуществ и возможных трудностей для решения поставленной проблемы применительно к определенному предмету, отрасли и целям исследования.

Расчетная часть.

Этот раздел является основным по содержанию и должен носить аналитический характер. В нем на конкретном примере, отрасли или сферы (системы) должна быть исследована практика деятельности, раскрыто и проанализировано действие систем и механизмов на окружающую среду и человека. При написании данной главы и проведении анализа необходимо использовать современные статистические данные, характеризующие состояние исследуемого объекта в динамике. В разделе должны быть отражены результаты всех видов проведенных исследований, как на основе вторичной информации (обязательно указание источников информации), так и экспериментальных исследований, проведенных студентом самостоятельно.

Раздел должен содержать анализ результатов каждого из проведенных исследований по рассматриваемой проблеме. При его подготовке необходимо использовать различные методы анализа, в том числе с ис-

пользованием специальных компьютерных программ обработки информации. Материалы раздела должны позволить оценить корректность, полноту и обоснованность выводов и рекомендаций по защите от опасных производственных факторов, рассматриваемой в работе.

Заключение

Заключение должно содержать:

- краткие выводы по результатам выполнения работы;
- оценку полноты решений поставленных задач;
- разработку рекомендаций по конкретному использованию результатов дипломного проекта. Объем раздела составляет 1-3 стр.

Библиографический список литературы и поиск информации

Список должен содержать сведения об источниках, использованных при составлении пояснительной записки дипломного проекта.

Периодические издания (журналы) являются основным источником современной научно-технической информации. Актуальные проблемы, последние научные и технические результаты и решения по проблемам безопасности и улучшения условий труда на производстве содержатся в следующих периодических изданиях: «Безопасность жизнедеятельности», «Безопасность труда в промышленности», «Гигиена и санитария» и других, а также в отраслевых журналах (например, если работа выполняется применительно к производству бетона, то необходимо просмотреть журнал «Бетон и железобетон»).

Наряду с учебниками и журналами возможно использование дополнительных источников информации:

- беседы и опросы специалистов, в том числе во время практики на производстве;
- выход в Интернет. Это один из самых удобных источников информации, но не следует использовать только ресурсы Интернета, особенно «коллекции рефератов», потому что указанная информация часто подготовлена не специалистами и не всегда достоверна.
- После написания обзора литературы необходимо **сделать вывод**, где кратко изложить основные данные по теме работы, сопоставить обнаруженные противоречия, акцентировать внимание на неисследованных или нерешенных вопросах. Выводы из обзора литературы позволят точнее сформулировать цель и задачи работы.

Количество источников в библиографическом списке не регламентируется, но при наличии в квалификационной работе менее 25 источников свидетельствует о слабой работе по сбору библиографической информации.

Даты выхода периодических изданий, сведения из которых включены в литературный обзор, должны охватывать минимум 10 предыдущих лет. Обязательно привести сведения из периодических изданий, вышедших за последний год.

Выполнение патентных исследований.

Цель патентных исследований — получение исходных данных для обеспечения высокого технического уровня и конкурентоспособности объектов техники, использования современных научно-технических достижений и исключения неоправданного дублирования исследований и разработок.

Основными информационными источниками для проведения патентных исследований являются:

- официальные патентные бюллетени;
- описания к заявкам на изобретения, прошедшим или не прошедшим предварительную или формальную экспертизу (в соответствии с патентным законодательством страны поиска);
- описания к патентам;
- описания полезных моделей;
- официальные патентные указатели;

Указанные источники представлены во Всероссийской патентно-технической библиотеке (ВПТБ). В фонде библиотеки имеются издания российских органов научно-технической и патентной информации, зарубежных информационных служб, патентно-правовая отечественная и зарубежная литература.

Поиск патентной информации на бумажных носителях следующие виды:

- тематический (по ключевым словам, индексам патентной классификации);
- именной (по имени и фамилии изобретателя, заявителя или патентообладателя);
- нумерационный (по учетно-регистрационным номерам документов).

Приступая к выполнению исследований, выполняют, как правило, тематический поиск.

Пример поиска необходимой патентной документации.

На начальном этапе необходимо определить индекс международной патентной классификации (**МПК**). Для этого нужно сформулировать предмет поиска таким образом, чтобы определить **ключевые слова (технические термины)** или **словосочетания**. В "Алфавитно-предметном указателе" найти определенные Вами ключевые слова. Эти слова или словосочетания заканчиваются набором букв и цифр. Например, необходимо найти описания устройств для предотвращения выделения клинкерной пыли на участке перегрузки клинкера из холодильника на конвейер. Ключевые слова: **погрузочно-разгрузочные устройства, транспортировка, предотвращение выделения пыли**

Выбираем класс **B65G** «Устройства для хранения или транспортировки, например, конвейеры для загрузки или разгрузки опрокидыванием,

конвейерные системы для магазинов, цехов и т.п.; пневматические трубчатые конвейеры».

Далее находим группу **69/00** «Вспомогательные способы и устройства для погрузочно-разгрузочных работ», затем подгруппу **69/18** – предотвращение просачивания пыли.

Таким образом, **индекс МПК B65G69/18**.

Для дальнейшего проведения поиска необходимо просмотреть первичные источники – бюллетени «Изобретения и полезные модели», фонды которых систематизированы в соответствии с международной патентной классификацией. Исследования можно провести и с использованием дисков CD ROM, на которых представлены описания изобретений к заявкам и патентам, начиная с 1955 г.

Патентный поиск с использованием баз данных Федерального Института Промышленной Собственности (ФИПС).

Поиск в Интернете может осуществляться по следующему адресу: **www.fips.ru**. Подвести курсор к фразе "Информационные ресурсы", затем "Открытые ресурсы", далее «Реестр изобретений Российской Федерации», определить параметр поиска. Если поиск осуществляется по индексу МПК, то ввести найденный индекс (в нашем примере **B65G69/18**) большими латинскими буквами без пробелов (вводить только один индекс!), и выйдет список найденных патентов.

Приложения

В приложения рекомендуется включать материалы, связанные с выполнением дипломного проекта, которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть ПЗ. В приложения могут быть включены:

- расчеты по технико-экономическому обоснованию;
- дополнительные расчеты экономической части;
- инструкции, методики, разработанные в процессе выполнения курсового проекта.

Правила оформления курсового проекта

Изложение текста и проекта (работы) выполняется в соответствии с рекомендациями настоящего методического пособия, а также требованиями ГОСТ 2.105 - 95 и ГОСТ 7.32 – 2001. Страницы текста включенные иллюстрации и таблицы должны соответствовать формату А4 по ГОСТ 9327-60. Объем проекта (работы) не должен превышать 40 листов формата А4.

Текст печатается на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора интервала, шрифт Times New Roman (кегель 13 -14), отступ красной строки – 1,27 см., выравнивание по ширине и помещается в рамку, приложение.

Текст следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 20 мм, верхнее, левое и нижнее – 20 мм.

Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, принципах, формулах, применяя шрифты разной гарнитуры.

Текст не должен содержать сокращений, которые не общеприняты в научных изданиях по направлению 280700.

Разделы, подразделы, пункты следует нумеровать арабскими цифрами и записывать с абзацного отступа.

Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Номер страницы проставляют в правом нижнем углу или по центру сверху листа без точки.

6.3.2 Титульный лист включают в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

Иллюстрации

Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы) следует располагать в непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. На все иллюстрации должны быть даны ссылки в тексте.

Чертежи, графики, диаграммы, схемы, помещаемые в работу, должны соответствовать требованиям государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Единой системы программной документации (ЕСПД), Единой системы технологической документации (ЕСТД), приложение 5.

Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Слово «Рисунок» и его наименование располагают посередине строки.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: «Рисунок 1 – Детали прибора». Для лучшей наглядности допускается применять размер шрифта меньший, чем в тексте. Форматирование по центру.

Таблицы

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией или по разделам.

Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

На все таблицы должны быть ссылки в тексте. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Формулы и уравнения

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Форматировать по центру.

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Формулы следует нумеровать сквозной нумерацией в пределах всей работы арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

Допускается применять размер шрифта в формуле и пояснении значений - меньший, чем в тексте.

На все формулы должны быть ссылки в тексте. При ссылке следует писать слово «формула» с указанием ее номера.

Ссылки

В работе допускаются ссылки на документы, стандарты, технические условия и другие документы при условии, что они полностью и однозначно определяют соответствующие требования и не вызывают затруднений в пользовании документом.

Ссылаться следует на документ в целом или его разделы и приложения. Ссылки на подразделы, пункты, формулы, таблицы и иллюстрации не допускаются, за исключением подразделов, пунктов, формул, таблиц и иллюстраций данного документа.

При ссылках на стандарты и технические условия указывают только их обозначение, при этом допускается не указывать год их утверждения при условии полного описания стандарта в списке использованных источников в соответствии с СТБ 1.701-98.

Ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных скобках.

Ссылки на библиографию представляют в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 (Библиографическая запись. Библиографическое описание, приложение 4).

Приложения

Приложения оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах.

В тексте на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием сверху посередине страницы слова «Приложение», его обозначения и степени. Приложение должно иметь заголовок, который записы-

вают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Нормативные ссылки

В настоящем методическом пособии использованы ссылки на следующие стандарты:

- государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования (ГОС ВПО) по направлению подготовки дипломированного специалиста 280102 по специальности «Безопасность технологических процессов и производств». Утвержден 31 октября 2001 года, регистрационный № 529 тех/дс.
- ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие требования к текстовым документам;
- ГОСТ 2.111- 68 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Нормоконтроль.
- ГОСТ 2.001-93 ЕСКД. Общие положения.
- ГОСТ 2.102-68 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.
- ГОСТ 2.103-68 ЕСКД. Стадии разработки.
- ГОСТ 3.1001-81 ЕСТД. Общие положения.
- ГОСТ 3.1102-81 ЕСТД. Стадии разработки и виды документов.
- ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий.
- ГОСТ Р 15.000 – 94 Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения.
- ГОСТ Р 15.201 – 2000 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.
- ГОСТ 21.001-93 СПДС. Общие положения.
- ГОСТ 21.101-97 СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации.
- ГОСТ 21.102-79 СПДС. Общие данные по рабочим чертежам.
- ГОСТ 21.204-93 СПДС. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта.
- ГОСТ 21.508-93 СПДС. Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов.

- ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения (с изменениями от 10 октября 2003 г.).

Выбор работы и варианта задания.

Номер работы и вариант задания выбираются по последним двум цифрам номера зачетной книжки. Номер работы – последняя цифра зачетной книжки. Вариант задания – предпоследняя цифра зачетной книжки. Если номер последней или предпоследней цифры равен нулю, то номер работы или вариант задания равны 10.

1. Основные расчетные формулы для решения задач и выполнения курсовых работ

1.1. Экспертиза состояния атмосферы

Градиентный перенос вещества в атмосфере описывается дифференциальным уравнением второго порядка:

$$\frac{dm}{dt} = K_x \frac{\partial^2 m}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 m}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 m}{\partial z^2},$$

где m – масса вещества; K_i – коэффициент рассеивания, $i = x, y, z$.

Используя модель статистической теории рассеивания, находят концентрацию веществ в приземном слое. Для удобства расчетов решение дифференциальных уравнений с граничными условиями интерполируют различными формулами, которые сводят в нормативные документы. Предполагается, что точность расчетов достигает 20-30%, но необходимо помнить, что реальные атмосферные процессы настолько сложны, что ожидаемые расчетные концентрации вредных веществ могут не соответствовать действительному загрязнению системы.

Максимальное значение приземной концентрации вещества при выбросе газовой смеси в воздух при неблагоприятных метеорологических условиях определяют по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad 1.1.1$$

где C_m – максимальная концентрация вещества, мг/м³; M – мощность выброса, г/с; H – высота источника выброса с круглым устьем, м; A – коэффициент температурной стратификации атмосферы ($A = 140 - 250$); m, n – коэффициенты, учитывающие условия выброса; η – коэффициент учета рельефа местности, если рельеф не учитывают $\eta = 1$; ΔT – разность между температурой смеси и температурой воздуха; V_1 – расход газовой смеси, м³/с:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0, \quad 1.1.2$$

где D – диаметр устья источника выброса, м; ω_0 – скорость выхода смеси, м/с; F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вещества, $F = 1$ для газов, мелкодисперсных частиц и аэрозолей, для остальных частиц $F = 2-3$.

Коэффициенты m, n определяют в зависимости от параметров f, v_m, v_m^1, F_e . Если условия выброса не учитывают, то $m = n = 1$.

$$f = 1000 \frac{\omega^2 \cdot D}{H^2 \Delta T}; \quad f_e = 800 (v_m^1)^3, \quad 1.1.3$$

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad 1.1.4$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}}, \quad f < 100; \quad 1.1.5$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}, \quad f \geq 100 \quad 1.1.6$$

Для $f_e < f < 100$ значение коэффициента m вычисляют при $f_e = f$.

Коэффициент n при $f < 100$ определяют в зависимости от v_m по формулам:

$$n = 1, v_m \geq 2; \quad 1.1.7$$

$$n = 0,532 \cdot v_m^2 - 2,13 v_m + 3,13, \quad 0,5 \leq v_m < 2; \quad 1.1.8$$

$$n = 4,4 v_m, \quad v_m < 0,5. \quad 1.1.8$$

При $f \geq 100$ или $\Delta T = 0$ и $v_m^1 \geq 0,5$ концентрацию вредного вещества рассчитывают:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot D}{8V_1 \cdot H^{4/3}}, \quad 1.1.9$$

где n определяют по формулам при $v_m = v_m^1$.

В случае предельно малых опасных скоростей ветра $f < 100, v_m < 0,5$ или при $f < 100, v_m < 0,5$ максимальную приземную концентрацию загрязняющего вещества находят следующим образом:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m' \cdot \eta}{H^{7/3}}, \quad 1.1.10$$

где $m' = 2,86 m, f < 100, v_m < 0,5; m' = 0,9; f < 100; v_m < 0,5$.

Расстояние, на котором наблюдают максимальную приземную концентрацию, находят по формуле:

$$x_m = (5 - F) d H / 4, \quad 1.1.11$$

где

$$d = 2,48 \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f_e} \right), \quad v_m \leq 0,5, \quad f < 100;$$

$$d = 4,95 v_m \left(1 + 0,38 \sqrt[3]{f} \right), \quad 0,5 < v_m \leq 2, \quad f < 100;$$

$$d = 7 \sqrt{v_m} \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f} \right), \quad v_m \geq 2, \quad f < 100;$$

$$d = 5,7, \quad v'_m \leq 2, \quad f > 100, \quad \Delta T \approx 0;$$

$$d = 11,4 v'_m, \quad 0,5 \leq v'_m \leq 2, \quad f > 100, \quad \Delta T \approx 0;$$

$$d = 16 \sqrt{v'_m}, \quad v'_m > 2, \quad f > 100, \quad \Delta T \approx 0.$$

При неблагоприятных метеорологических условиях приземную концентрацию веществ по оси факела. рассчитывают по формуле:

$$C = S \cdot C_M, \quad 1.1.12$$

где S – безразмерный коэффициент, равный:

$$S = 3(x/x_M)^4 - 8(x/x_M)^3 + 6(x/x_M)^2, \quad x/x_M \leq 1;$$

$$S = 1,13 / \left[0,13(x/x_M)^2 + 1 \right], \quad 1 < x/x_M \leq 1;$$

$$S = (x/x_M) / [35,2(x/x_M) + 120], \quad x/x_M > 8, \quad F \leq 1,5;$$

$$S = \left[0,1(x/x_M)^2 + 2,47(x/x_M) - 17,8 \right]^{-1}, \quad x/x_M > 8, \quad F > 1,5.$$

Следует отметить, что расчетные формулы, приведенные выше, справедливы для максимальных концентраций, лежащих по оси факела рассеивания ОХ.

Значение приземной концентрации вредных веществ в точках с координатами $(x, y, 0)$, (x, y, z) , (x, y, z) , $(0, 0, 0)$ и т.д. рассчитывают по другим более сложным формулам, учитывающим различные скорости ветра, отличные от опасных, при которых достигается максимальная приземная концентрация C_M . Расчет опасной скорости ветра:

$$U_M = 0,5; \quad v_m < 0,5, \quad f < 100; \quad 1.1.13$$

$$U_M = v_m; \quad 0,5 v_m \leq 2, \quad f < 100; \quad 1.1.14$$

$$U_M = v_m (1 + 0,12 \sqrt[3]{f}), \quad v_m > 2, \quad f < 100; \quad 1.1.15$$

$$U_M = 0,5, \quad v_m < 0,5, \quad f < 100; \quad 1.1.16$$

$$U_M = v'_m, \quad 0,5 < v'_m < 2, \quad f < 100;$$

$$U_M = 2,2 v'_m, \quad v'_m > 2, \quad f < 100.$$

где U_M – опасная скорость ветра, м/с, при которой достигается максимальная концентрация загрязняющего вещества C_M .

Расчет предельно-допустимого выброса (ПДВ) проводят по формуле:

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_\phi) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot (V_1 \cdot \Delta T)^{1/3} \quad (1.1.17)$$

$f < 100$:

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\phi}) \cdot H^{4/3}}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta} \cdot \frac{8 \cdot V_1}{D} \quad (1.1.18)$$

$f \geq 100, I \approx 0$

$$q = \frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \quad (1.1.19)$$

где q – безразмерная концентрация веществ, обладающих эффектом суммации, мг/м³; C_i – концентрация i – го вещества, мг/м³.

$$M_q = \frac{M_1}{ПДК_1} + \frac{M_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{M_n}{ПДК_n} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \quad (1.1.20)$$

где M_q – безразмерная мощность выброса, г/с; M_1 – мощность выброса каждого вещества, г/с.

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1; \quad \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \quad (1.1.21)$$

1.2. Экспертиза состояния водного бассейна

$$C = C_{\phi} + \sum_{i=1}^k (C_i - C_{\phi}) / n_i \quad (1.2.1)$$

где C – концентрация загрязняющего вещества, кг/м³; C_{ϕ} – фоновая концентрация загрязняющего вещества, кг/м³; C_i – концентрация вещества в стоке, кг/м³; n_i – разбавление сточной воды; k – число источников сброса.

Для неконсервативных веществ учитывают фактор очищения воды под действием внешних условий:

$$C = 10^{-K_1 \cdot t} \cdot (C_{\phi} + \sum_{i=1}^k ((C_i - C_{\phi}) / n_i)) \quad (1.2.2)$$

где k_1 – коэффициент неконсервативности, учитывающий самоочищение воды, с⁻¹, сут⁻¹.

$$T = \sum_{i=1}^k \frac{T_i - T_{\phi}}{n_i} \quad (1.2.3)$$

где T – снижение или увеличение температуры воды в водоеме в результате сброса, °С; T_i – температура стока, °С; T_{ϕ} – температура водоема или реки, °С.

$$n = 1 + J \cdot \frac{W_0}{W_1} \quad (1.2.4)$$

где J – коэффициент смешения; W_0 – расход воды в реке, м³/с; W_1 – расход воды в стоке, м³/с.

1 – расстояние от места сброса до точки отбора пробы воды, м;

2 – коэффициент z .

$$z = r \cdot d \cdot (D / W_1)^{1/3} \quad (1.2.6)$$

где r – коэффициент извилистости реки, равный отношению расстояний по берегу и по фарватеру; d – коэффициент выпуска; $d = 1$ при выпуске стока у берега, $d = 1,5$ при выпуске в речной поток; D – коэффициент турбулентной диффузии:

$$D = \frac{9.8 \cdot V \cdot H}{C^2}$$

где V – скорость речного потока, м/с; H – глубина реки, м.

$$C = (1/0,03) \cdot H; \quad y = 0,26, \quad H \leq 1; \quad y = 0,23, \quad H \geq 1, \quad (1.2.7)$$

здесь 0,03 – коэффициент шероховатости ложа реки.

Ориентировочная оценка коэффициента z (при 20...30% точности расчетов):

$$z = 0.2 \cdot r \cdot d \cdot H^{1/8} \cdot V^{1/3} \cdot W^{-1/3} \quad (1.2.8)$$

$$n = n_n - n_0 \quad (1.2.9)$$

где n , n_n , n_0 – общее, начальное и конечное разбавление соответственно.

Если выпуск сточных вод происходит у берега, распространение загрязняющего вещества вдоль берега или выпуск сточных вод осуществляют на некотором расстоянии от берега; распространение загрязняющего вещества происходит к берегу против выпуска, начальное и конечное разбавления рассчитывают:

$$n_n = (W_1 + 0.0022 \cdot W \cdot H^2) / (W_1 + 0.00022 \cdot W \cdot H^2) \quad (1.2.10)$$

где W – скорость ветра, м/с (при неизвестных значениях W берут ≈ 5 м/с)

$$n_0 = 1 + 0.4(P / \Delta x)^{0.627 + 0.00022 \cdot f / \Delta x} \quad (1.2.11)$$

$$l / \Delta x = 6.53 \cdot H^{1.17} : H = (H_1 + H_2 + \dots + H_n) / m \quad (1.2.12)$$

Формулы (2.10) ... (2.12) справедливы при выпуске сточных вод у берега или в мелководье в верхнюю треть глубины, а расстояние до контрольного пункта отбора проб не превышает 20 км. Ширина водоема в месте выпуска не менее 500 м. при выпуске сточных вод в нижнюю треть глубины начальное и конечное разбавление:

$$n_n = (W_1 + 0.0016 \cdot w \cdot H^2) / (W_1 + 0.00016 \cdot w \cdot H^2) \quad (1.2.13)$$

$$n_0 = 1.85 + 2.32 \cdot (f / \Delta x)^{0.4 + 0.0064 \cdot P / \Delta x} \quad (1.2.14)$$

$$l / x = 4.4 \cdot H^{1.17} : H = (H_1 + H_2 + \dots H_m) / m \quad (1.2.15)$$

$$ПДС = q \cdot C \quad (1.2.16)$$

где $ПДС$ – предельно допустимый сброс, кг/с, г/с, мг/с; q – максимальный расход сточных вод, м³/с; C – максимальная концентрация загрязняющего вещества, кг/м³, мг/м³, г/м³.

$$ПДК_1 = C\phi + \sum_{i=1}^N \frac{C_i - C\phi}{n_i} \quad (1.2.17)$$

где $ПДК_1$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, кг/м^3 ; C_ϕ – фоновая концентрация вещества, кг/м^3 ; n_i – разбавление.

При выпуске загрязняющего вещества в одной точке ($I = 1$) формула для расчета концентрации имеет вид:

$$C_i = (ПДК - C_\phi) \cdot n + C_\phi \quad (1.2.18)$$

Расчет ПДС для веществ, обладающих суммирующим токсикологическим действием (ЛПВ), проводят с учетом условия:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1; \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \quad (1.2.19)$$

где $C_1, C_2 \dots C_n$ – максимальная концентрация веществ в сточных водах, кг/м^3 .

1.3. Расчет выбросов вредных веществ

$$M_i = U_i \cdot Q_i \cdot (1 - n_i) \quad (1.3.1)$$

где M_i – масса загрязняющего вещества, кг ; Q_i – количество сжигаемого топлива, кг ; u_i – удельный показатель выброса, кг/кг ; n_i – КПД газоочистки или золоуловителей.

$$M_{\text{ТВ}} = B \cdot A_{i0} \cdot f \cdot (1 - n) \quad (1.3.2)$$

где $M_{\text{ТВ}}$ – количество золы и несгоревшего жидкого и твердого топлива; B – расход топлива, кг/с , т/год ; A_p – зольность топлива, %; h – доля частиц, улавливаемых золоуловителями:

$$f = b / (100 - \Gamma)$$

где b – доля золы, уносимой дымовыми газами; Γ – содержание горючего вещества в газах, %.

$$M_{CO} = 0,001 \cdot C \cdot B \cdot (1 - 0,01 \cdot q_4) \quad (1.3.3)$$

где M_{CO} – количество оксида углерода; B – расход топлива, кг/с , т/год ; q_4 – потери тепла, вызванные неполным сгоранием топлива из-за конструкции топки, %; C – коэффициент, учитывающий выход вредного вещества при сгорании 1 т топлива или 1000 м^3 газа.

$$C = q_3 \cdot R \cdot Q_n \quad (1.3.4)$$

где q_3 – потери тепла вследствие неполноты сгорания топлива, %; Q_n – теплота сгорания топлива, МДж/кг , МДж/м^3 ; R – коэффициент, учитывающий потери тепла, обусловленные наличием в топливе оксида углерода ($R = 1$ для твердого топлива, $R = 0,5$ для газа, $R = 0,65$ для мазута).

$$M_{NO} = 0,001 \cdot B \cdot Q_m \cdot k_{NO} \cdot (1 - h) \quad (1.3.5)$$

где M_{NO} – количество оксида азота; k_{NO} – параметр, характеризующий выход оксидов азота на 1 МДж теплоты, кг/МДж ; h – КПД газоочистных устройств.

$$M_{SO} = 0,02 \cdot B \cdot S_{i0} \cdot (1 - h_1) \cdot (1 - h_2) \quad (1.3.6)$$

где M_{SO} – количество оксида серы; S_{j0} – содержание серы в топливе %; h_1 – для оксидов серы, связанных золой топлива: сланцы $h_1 = 0,5 \dots 0,8$; угли $h_2 = 0,2 \dots 0,5$; торф $h_1 = 0,15$; мазут $h_1 = 0,02$; газ $h_1 = 0$; h_2 – КПД газоотчи-
стки.

1.4. Эколого-экономический ущерб от загрязнения среды

$$\mathcal{E}_{\text{возд}} = k_1 \cdot j_1 \cdot i_1 \cdot f \cdot M_1 \quad (1.4.1)$$

где $\mathcal{E}_{\text{возд}}$ – ущерб от загрязнения атмосферы, руб.; M_1 – приведенная масса годового выброса, усл.т/год; f – поправка на характер рассеивания примесей в атмосфере; j_1 – показатель относительной опасности вещества для данной территории; i_1 – удельный ущерб от выбросов в атмосферу 1 условной тонны вещества, равный 2,4 руб/усл.т.; k_1 – коэффициент, характеризующий состояние экономики общества (поправка на инфляцию).

$$M_1 = \sum_{i=1}^N B_i \cdot m_i, \quad B_i = z_1 \cdot z_2 \cdot z_3 \cdot z_4 \cdot z_5 \quad (1.4.2)$$

где m_i – масса выброса, т/год; z_1 – показатель относительной опасности вещества для человека; z_2 – коэффициент, учитывающий вероятность накопления вещества и последующего поступления в организм человека неингаляционным путем; z_3 – показатель опасности вещества для природы; z_4 – вероятность вторичного поступления вещества в атмосферу (образование пыли); z_5 – вероятность образования более токсичных веществ из исходных.

$$z_1 = (ПДК_{\text{рз}} \cdot ПДК)^{1/2} / (ПДК_{\text{рз}} \cdot ПДК)^{1/2} \quad (1.4.3)$$

где $ПДК_{\text{рз}}$, $ПДК$ – предельно допустимые концентрации оксида углерода в воздухе рабочей зоны и среднесуточные, мг/м³; $ПДК_{\text{рз}}$, $ПДК$ – предельно допустимые концентрации загрязняющего вещества, мг/м³.

При скорости оседания частиц для газов менее 1 см/с

$$f = \frac{100}{100 + \varphi \cdot H} \cdot \frac{4}{1 + U};$$

от 1 до 20 см/с

$$f = \frac{1000}{60 + \varphi \cdot H} \cdot \frac{4}{1 + U};$$

более 20 см/с

$$f = 10$$

$$\varphi = 1 + (\Delta T / 75), \quad (1.4.4)$$

$$\varphi = 1 + (\Delta T / 75), \quad (1.4.5)$$

где φ – поправка на тепловой подъем факела; ΔT – разница температур устья источника выброса в атмосфере; H – высота выброса, м; U – среднегодовое значение модуля скорости ветра в данном регионе, м/с (если U неизвестно, берут $U = 3$ м/с).

$$i_1 = \frac{S_i \cdot i_i}{S_0} \quad (1.4.6)$$

где I_i – показатель относительной опасности вещества; S_i – площадь ЗАЗ для территории, соответствующей значению I_i , м², км²; S_0 – общая площадь ЗАЗ, м², км².

$$\mathcal{E}_{\text{вод}} = k_1 \cdot j_2 \cdot i_2 \cdot M_2 \quad (1.4.7)$$

где $\mathcal{E}_{\text{вод}}$ – эколого-экономический ущерб от загрязнения водоема, руб/год; j_2 – удельный ущерб от сброса условной тонны вещества в водоем, равный 400 руб/усл.т; i_2 – показатель относительной опасности веществ для данного региона; k_1 – коэффициент, характеризующий состояние экономики общества; M_2 – приведенная масса годового сброса, усл.т.

$$M_2 = \sum_{i=1}^N B_i \cdot M_i : B_i = (1 / ПДК_i) \quad (1.4.8)$$

где M_i – масса сброса, т; B_i – показатель относительной опасности вещества; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация вещества в водоеме рыбохозяйственного назначения.

$$\mathcal{E}_{\text{п}} = k_1 \cdot j_3 \cdot i_3 \cdot M_3 \quad (1.4.9)$$

где $\mathcal{E}_{\text{п}}$ – эколого-экономический ущерб при отчуждении земельных ресурсов; M_3 – масса годового сброса твердых отходов, т/год; j_3 – удельный ущерб от сброса данного вида твердых отходов, руб/т.; i_3 – показатель относительной ценности земельных ресурсов; k_1 – коэффициент, характеризующий состояние экономики общества.

1.5. Охрана биосферы от ионизирующего излучения

$$D = Q / m \quad (1.5.1)$$

где D – доза излучения, Дж/кг; m – масса облучаемого вещества, кг; Q – энергия поглощенного излучения, Дж.

$$N = Q / (m \cdot t) \quad (1.5.2)$$

где N – мощность дозы излучения, Вт/кг или Гр/с.

$$D_3 = q / m_B \quad (1.5.3)$$

где q – количество зарядов одного знака, созданных при облучении воздуха, Кл; m_B – масса воздуха, кг.

$$\mathcal{E}D = D \cdot k^\circ \quad (1.5.4)$$

где $\mathcal{E}D$ – эквивалентная доза облучения, Дж/кг; k° – коэффициент воздействия излучения.

$$A = \frac{m}{M_0} \cdot \frac{N_A \cdot \ln 2}{T_{1/2}} \quad (1.5.5)$$

где m – масса радионуклида, кг; M_0 – молярная или атомная масса радионуклида; N_A – число Авогадро, равное $6,022 \cdot 10^{26}$ кмоль⁻¹; A – активность, Бк.

$$(x - y) = n \cdot \frac{k_1}{k_2 - k_1} \cdot (\exp(-k_1 \cdot t) - \exp(-k_2 \cdot t)) \quad (1.5.6)$$

$$y = n \cdot (1 - \frac{k_2}{k_2 - k_1} \cdot \exp(-k_1 \cdot t) + \frac{k_1}{k_2 - k_1} \cdot \exp(-k_2 \cdot t)) \quad (1.5.7)$$

$$(n - x) = n \cdot \exp(-k_1 \cdot t) \quad (1.5.8)$$

где n – число ядер радиоактивного вещества, подвергшегося распаду в начальный момент времени; $(n - x)$ – число ядер вещества, оставшегося к моменту времени t ; $(x - y)$ – число появившихся ядер.

Задания для курсовых работ

Работа №1

Оптимизация очистки водных растворов по математической модели

Цель работы: получить математическую модель процесса очистки воды от соединений ртути; найти оптимальные параметры процесса, при которых содержание ртути в сбросах минимально.

Основные понятия

Построение математических моделей технологических процессов природных явлений основано на использовании специальных методов планирования эксперимента. Планирование эксперимента – это управление процессом, явлениями при неполном знании механизма явления процесса.

Планирование эксперимента рассматривают как одно из направлений кибернетики, основные идеи которой сформулированы в работах английского математика Рональда Фишера в 1930-1935 гг. и развиты в 1950-1957 гг. Боксом, Уилсоном и Хантером.

Методы планирования эксперимента базируются на получении математической модели в виде полинома.

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ii} x_i^2 + \dots$$

где b_0 , b_i , b_{ij} , b_{ii} – коэффициенты полинома; x – факторы, влияющие на процесс, явление (например, давление, температура и т.д.); v – переменная состояния объекта исследования.

Наиболее простой вид имеет линейный полином уравнения:

$$y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + \dots + B_n x_n$$

Линейный полином получают при помощи специальной установки эксперимента по определенному плану, представленному в виде матрицы планирования эксперимента.

Уровнем фактора называют значение параметра, которое фиксируется и изменяется при проведении процесса, например, x_1 – температура, 60°C, 80°C; x_2 – время 100 с, 140 с.

Средние значения уровней факторов называются нулевыми уровнями ($x_{01} = 70^{\circ}\text{C}$, $x_{02} = 120^{\circ}\text{C}$).

Значение фактора, прибавление которого к нулевому уровню дает верхний уровень, а вычитание – нижний уровень, называют интервалом варьирования x ($x_1 = 10^{\circ}\text{C}$, $x_2 = 20^{\circ}\text{C}$).

Область определения факторов – это их нижние и верхние уровни.

Каждую точку факторного пространства изображают в кодированной форме:

$$x_i = (x_i + x_{0i}) / (x_i) : (+1; -1);$$

$$x'_1 = (80 - 70) / 10 = +1; \quad x_1 = (60 - 70) / 10 = -1;$$

$$x'_2 = (140 - 120) / 20 = +1; \quad x_2 = (100 - 120) / 20 = -1$$

Эксперимент, в котором реализованы все сочетания факторов на нижних и верхних уровнях, называют полным факторным экспериментом (ПФЭ, 2^N).

План, содержащий запись всех комбинаций факторов кодированной формы, называют матрицей планирования. В матрице планирования сочетание первого фактора на двух уровнях (+1, -1) повторяют для каждого следующего фактора на верхнем и нижнем уровне. Фактор x_0 является фиктивной переменной. Использование фактора x_0 делает расчеты коэффициентов модели более общими.

Основное преимущество факторного эксперимента заключается в одновременном варьировании всех факторов, что приводит к снижению ошибки в оценке коэффициентов полинома в N раз (N – общее число опытов).

Организация матриц планирования ПФЭ $2^2 \dots 2^4$ показана в табл.1.

Таблица 1

Построение матриц проведения эксперимента

№	Тип эксперимента	Фактор				
		X_0	X_1	X_2	X_3	X_4
1	ПФЭ 2^2	+1	+1	+1	+1	+1
2		+1	-1	+1	+1	+1
3		+1	+1	-1	+1	+1
4	ПФЭ 2^3	+1	-1	-1	+1	+1
5		+1	+1	+1	-1	+1
6		+1	-1	+1	-1	+1
7		+1	+1	-1	-1	+1
8	ПФЭ 2^4	+1	-1	-1	-1	+1
9		+1	+1	+1	+1	-1
10		+1	-1	+1	+1	-1
11		+1	+1	-1	+1	-1
12		+1	-1	-1	+1	-1
13		+1	+1	+1	-1	-1
14		+1	-1	+1	-1	-1
15		+1	+1	-1	-1	-1
16		+1	-1	-1	-1	-1

Формально прием построения матрицы планирования сводится к методу чередования знаков уровней.

Проведение факторного эксперимента осуществляют по следующему алгоритму:

- строят матрицу планирования;
- ставят опыты в соответствии с планом матрицы;
- рассчитывают коэффициенты линейного полинома (уравнение регрессии);
- рассчитывают ошибку опыта;
- проверяют значимость коэффициентов регрессии;
- находят оптимальное решение процесса.

1. Коэффициенты уравнения регрессии в линейной форме рассчитывают по формуле:

$$B_j = (1/N) \sum X_i Y_i, \quad (j = 0, 1, 2, \dots, N)$$

где Y_i – среднее значение переменной состояния объекта исследования;

X_i – уровень фактора (+1, -1).

2. Расчет ошибки опыта оценивают по параллельным опытам:

$$S_U^2 = (1/(m-1)) \sum (Y_u - \bar{Y}_U)^2$$

где m – количество параллельных опытов в строке матриц планирования;

$\bar{Y}_u$ – среднее значение строки матрицы планирования.

Построчные ошибки опыта S усредняют

$$S_0^2 = (1/N) \sum S_U^2$$

3. Для оценки влияния факторов на переменную состояния проводят проверку значимости каждого коэффициента:

- находят дисперсию коэффициентов регрессии:

$$S_{B_i}^2 = (S_0^2 / N)$$

- определяют параметр t_p

$$t_p = (B_i / S_{B_i})$$

– из таблиц определяют критерий Стьюдента по числу степеней свободы f_0 и уравнению значимости 0,05

$$f_0 = N(m-1) :$$

- сопоставляют t_i и t_{i0}

Коэффициент значим при выполнении условия $t_{i0} > t_i$. При выполнении условия значимости коэффициент принимают равным 0.

4. Пригодность линейного уравнения для решения задачи поиска области оптимума проверяют по критерию Фишера. Для этого сравнивают дисперсии средних опытных данных S_0^2 и значений S_a^2 состояния процесса, предсказанных уравнением

$$S_a^2 = (m/(n-1)) \sum (Y_U - \tilde{Y}_U)^2$$

где m – число параллельных опытов; n – число строк матрицы планирования; 1 – число членов в уравнении регрессии, оставшихся после оценки значимости коэффициента.

Согласно критерию Фишера уравнение адекватно описывает процесс при соблюдении следующего условия: $F_0 < F_T$

где F – критерий Фишера, найденный из таблиц для степеней свободы $f = N - 1$ и $f_{ag} = N(m - 1)$; F – расчетное значение критерия: $F = (S_0^2/S_{ag}^2)$.

Поиск области оптимума осуществляют методом крутого восхождения. Алгоритм метода крутого восхождения заключается в проведении следующих операций.

1. Выбор базового фактора. Фактор, для которого произведение коэффициента регрессии на интервалах варьирования максимально, называют базовым: $a = \max(B \cdot X)$.

2. Для базового фактора выбирают шаг крутого восхождения h , равный интервалу варьирования X_a .

3. Пересчитывают составляющие градиента по выбранному шагу крутого восхождения: $h = ((B \cdot X)/a) \cdot h_a$

4. Округляют шаг крутого восхождения.

5. Организуют поиск оптимальной области путем последовательного прибавления составляющих градиента уравнения регрессии к нулевому уровню. Получают серию значений факторов крутого восхождения. Переводят факторы крутого восхождения в кодированную форму и получают расчетное значение переменной состояния Y . Через несколько шагов ставят эксперименты, проверяя соответствие расчета и эксперимента.

Стратегия проведения опытов состоит в том, чтобы найти такие шаги, которые увеличивают выходную переменную, а затем ее уменьшают.

Пример. Получено уравнение регрессии следующего вида:

$$Y = 23,28 + 1,78 \cdot X_1 + 10,23 \cdot X_2 + 9,36 \cdot X_3$$

Требуется осуществить поиск максимальных значений параметра Y . Результаты крутого восхождения приведены в табл.2.

Таблица 2

Исходные данные и результаты крутого восхождения

Наименование	Фактор			Расчет
	X_1	X_2	X_3	
Нулевой уровень	0,7	135	30	
Интервал варьирования X	0,2	5	15	
Коэффициенты	1,78	10,23	9,36	
Произведение $B \cdot X$	0,356	51,4	140,4	
Пересчет составляющих градиента при $h = 15$	0,038	5,49	15	
Округление шага	0,04	5	15	
Опыт	Крутое восхождение			Переменная

				состояния	
9	0,74	140	45	43	–
10	0,78	145	60	70	–
11	0,82	150	75	89	67
12	0,86	155	90	109	–
13	0,90	160	105	–	73
14	0,94	165	120	–	68

В табл. 2 даны расчетные значения параметра и экспериментальной величины процесса (Y).

В качестве примера рассчитаем значение Y для опыта 9:

$X_1 = 0,74$: кодированное значение $X_1 = (0,74 - 0,7)/0,2 = 0,2$;

$X_2 = 140$: кодированное значение $X_2 = (140 - 135)/5 = 1$;

$X_3 = 45$: кодированное значение $X_3 = (45 - 30)/15 = 1$

$Y = 23,28 + 1,78 \cdot 0,2 + 0,23 \cdot 9,36 = 43$

Крутое восхождение в данном примере эффективно: в опыте 13 достигнуто максимальное значение параметра.

Исходные данные для выполнения работы

В работе необходимо построить математическую модель извлечения ртути из раствора при производстве хлора и щелочи электролизом хлорида натрия на ртутном катоде.

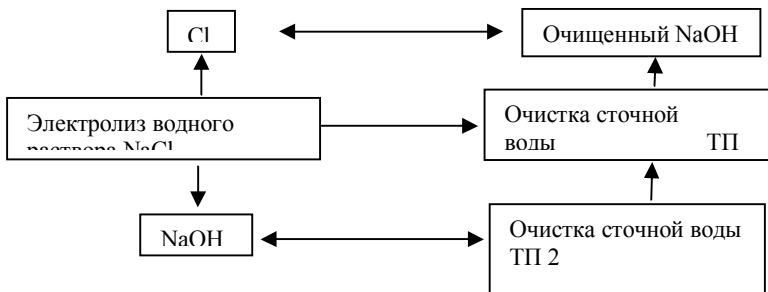


Рис.1. Технологическая схема получения хлора и щелочи электролизом хлорида натрия на ртутном катоде

В качестве переменной состояния выбирают показатель «содержание ртути на выходе процесса». Так как раствор электролита сбрасывают в водный бассейн, цель моделирования состоит в установлении таких параметров работы, при которых содержание ртути в растворе минимально. Технологическая схема получения хлора и щелочи изображена на рис.1.

Процесс очистки раствора осуществляет методом экстракции. Экстракция зависит от скорости вращения мешалки, температуры раствора, времени пребывания раствора в реакторе. Нулевые уровни факторов:

$X_{10} = 2500$ об/мин;

$X_{20} = 100$ °C;

$X_{30} = 45$ мин.

Интервалы варьирования:

$X_1 = 500$ об/мин;

$X_2 = 10$ °C;

$X_3 = 15$ мин.

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант выполнения работы (табл.3).
2. В соответствии с матрицей планирования провести расчет коэффициентов линейного уравнения регрессии.
3. Оценить значимость коэффициентов регрессии (табл.4).
4. Проверить адекватность уравнения (табл.5).
5. Из уравнения регрессии найти условия процесса, которые обеспечивают минимальное содержание ртути в растворе.

Таблица 3

Матрица планирования эксперимента

Опыт	Фактор				Состояние системы			
	X_0	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант №1								
1	+1	+	+	+	1,1	0,9	0,9	
2	+1	-	+	+	0,8	0,9	0,8	
3	+1	+	-	+	2	2,5	2,2	
4	+1	-	-	+	3	3,2	2,8	
5	+1	+	+	-	3	3,2	3,1	
6	+1	-	+	-	4	4,2	4,4	
7	+1	+	-	-	4,6	4,8	4,7	
8	+1	-	-	-	6,8	7	6,8	
Вариант №2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	+	+	+	0,3	0,31	0,36	
2	+	-	+	+	0,4	0,42	0,44	
3	+	+	-	+	0,6	0,61	0,61	
4	+	-	-	+	0,62	0,64	0,66	
5	+	+	+	-	0,7	0,72	0,76	
6	+	-	+	-	0,8	0,82	0,84	
7	+	+	-	-	2,2	2,2	2,4	
8	+	-	-	-	3,2	3,3	3,5	
Вариант №3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	+	+	+	0,2	0,22	0,18	
2	+	-	+	+	0,4	0,41	0,43	
3	+	+	-	+	0,5	0,6	0,5	
4	+	-	-	+	0,42	0,44	0,43	
5	+	+	+	-	2	2,2	2,1	

6	+	+	-	-	3	3,2	3,1	
7	+	+	-	-	4	4,1	4,2	
8	+	-	-	-	5	5,1	5,2	
Вариант №4								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	+	+	+	0,1	0,11	0,12	0,13
2	+	-	+	+	0,2	0,22	0,24	0,2
3	+	+	-	+	0,32	0,34	0,36	0,32
4	+	-	-	+	0,4	0,42	0,44	0,41
5	+	+	+	-	0,5	0,56	0,58	0,55
6	+	-	+	-	0,6	0,62	0,64	0,61
7	+	+	-	-	0,7	0,74	0,78	0,73
8	+	-	-	-	0,8	0,81	0,88	0,85
Вариант №5								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	+	+	+	0,3	0,35	0,32	
2	+	-	+	+	0,6	0,64	0,62	
3	+	+	-	+	0,4	0,42	0,44	
4	+	-	-	+	0,42	0,44	0,46	
5	+	+	+	-	0,5	0,52	0,54	
6	+	-	+	-	0,6	0,62	0,64	
7	+	+	-	-	0,7	0,74	0,78	
8	+	-	-	-	0,8	0,86	0,88	
Вариант №6								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	+	+	+	0,2	0,24		
2	+	-	+	+	0,3	0,32		
3	+	+	-	+	0,4	0,42		
4	+	-	-	+	0,48	0,46		
5	+	+	+	-	0,5	0,52		
6	+	-	+	-	0,6	0,62		
7	+	+	-	-	0,7	0,74		
8	+	-	-	-	0,84	0,86		
Вариант №7								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	+	+	+	0,4	0,46		
2	+	-	+	+	0,5	0,56		
3	+	+	-	+	0,6	0,64		
4	+	-	-	+	0,7	0,74		
5	+	+	+	-	0,8	0,84		
6	+	-	+	-	0,9	0,94		
7	+	+	-	-	1,5	1,6		
8	+	-	-	-	2,8	2,9		
Вариант №8								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	+	+	+	1	1,2	1,1	
2	+	-	+	+	2	2,2	2,4	
3	+	+	-	+	3	3,4	3,6	
4	+	-	-	+	4	4,4	4,6	
5	+	+	+	-	5	5,2	5,4	
6	+	-	+	-	5,2	5,4	5,6	
7	+	+	-	-	8	8,2	8,6	

8	+	-	-	-	10	12	14	
Вариант №9								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	+	+	+	0,2	0,3	0,2	
2	+	-	+	+	0,3	0,33	0,32	
3	+	+	-	+	0,38	0,38	0,4	
4	+	-	-	+	0,45	0,48	0,44	
5	+	+	+	-	0,3	0,32	0,34	
6	+	-	+	-	0,6	0,62	0,64	
7	+	+	-	-	0,7	0,74	0,76	
8	+	-	-	-	1,8	1,6	1,7	
Вариант №10								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	+	+	+	0,1	0,12	0,14	
2	+	-	+	+	0,2	0,18	0,22	
3	+	+	-	+	0,3	0,28	0,32	
4	+	-	-	+	0,4	0,42	0,44	
5	+	+	+	-	0,5	0,52	0,54	
6	+	-	+	-	0,6	0,62	0,64	
7	+	+	-	-	0,7	0,72	0,74	
8	+	-	-	-	0,8	0,82	0,84	

Таблица 4

Процентные точки распределения Стьюдента при уровне значимости $q=0.05$

Показатель	Значение											
Число степеней свободы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	16	24
Процентные точки	12,7	4,3	3,19	2,78	2,57	2,45	2,36	2,31	2,26	2,23	2,1	2,0

Таблица 5

Критерий Фишера при уровне значимости $q=0.05$

$f_{\text{ал}}$	4	5	6
8	2,84	3,69	3,58
16	3,01	2,85	2,74
24	2,78	2,62	2,51

Контрольные вопросы

1. Методы исследования поведения сложных систем.
2. Прогнозирование развития экологических систем.
3. Виды моделирования.
4. Основные положения эксперимента.
5. Модели устойчивого развития экологических систем.

Литература (8-12;19)

Работа № 2

Расчет нормативов допустимых сбросов (НДС) для реки

Цель работы: изучить алгоритм составления нормативов НДС для реки, рассчитать нормативы НДС для речного потока.

Основные понятия

Предельно допустимый сброс (НДС) определяют как произведение максимального расхода сточных вод на концентрацию в них, загрязняющих веществ:

$$НДС = q \cdot C$$

где q – максимальный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$; C – концентрация загрязняющих веществ в сточной воде, при которой в контрольной точке отбора пробы соблюдается установленный норматив на загрязняющее вещество (ПДК), $\text{г}/\text{м}^3$, $\text{мг}/\text{л}$.

В соответствии с «Инструкцией по нормированию выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в атмосферу и в водные объекты» при сбросе вредных веществ со сточными водами меньше расчетного НДС за величину НДС принимается фактический сброс вещества. При фоновом содержании загрязняющих веществ, превышающим нормативы, НДС устанавливается из условий соблюдения фонового качества воды в контрольном створе.

Величину НДС по взвешенным веществам находят из концентрации взвешенных веществ в водном объекте до места сброса:

$$C = C_{\text{ф}} + 0,25; \quad C = C_{\text{ф}} + 0,75,$$

где $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества, $\text{мг}/\text{л}$; C – концентрация взвешенных веществ в воде, предназначенной для рыбохозяйственного и культурно-бытового водопользования, $\text{мг}/\text{л}$.

Кроме указанных требований по взвешенным частицам в сточной воде не должны присутствовать взвеси со скоростью выпадения $0,2 \text{ мм}/\text{с}$ при спуске воды в водоём и со скоростью выпадения более $0,4 \text{ мм}/\text{с}$ при спуске в водотоки.

При поступлении в водные объекты нескольких веществ с лимитирующими показателями вредности (ЛПВ) должно соблюдаться условие:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1$$

По лимитирующим признакам вредности выделяют следующие вещества: соединения ртути, нитриты, метанол, формалин, бензол, анилин, ди-хлорэтилен и другие вещества 1-го и 2-го класса опасности.

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант выполнения работы (варианты 1...10).
2. Рассчитать нормативы НДС для веществ, указанных в задании (табл.8) с учетом условия ЛПВ, формулы (2.1) ... (2.19).
3. Заполнить табл.6 для параметров ПДС.

Таблица 6

Нормативные допустимые сбросы сточных вод

№ П/П	Показатель состава сточных вод	Фактическая концентрация сброса, мг/л	Сброс, г/ч	Нормативный допустимый сброс, г/ч
-------	--------------------------------	---------------------------------------	------------	-----------------------------------

Таблица 7

Гидрологические параметры реки и сточных вод

Вариант	Глубина реки	Скорость течения, м/с	Расход воды в реке, м/с	Коэффициент извилистости	Расход стока, м ³ /ч	Расстояние от выпуска до точки отбора пробы воды, м
1	2	3	4	5	6	7
1	1	0,5	0,8	1	0,2	500
2	2	0,1	1,2	1,5	0,4	100
3	4	0,4	5,0	1,2	0,5	400
4	5	0,2	4,3	1,2	0,6	500
5	3	0,1	6	1,4	0,7	300
6	1	0,4	7	1,8	0,8	800
7	5	0,3	8	1,6	1	400
8	4	0,2	3	1,7	2	200
9	3	0,8	1	1,6	0,5	300
10	1	1,0	2	1,4	0,4	500
11	6	0,2	1	1,1	0,3	600
12	7	0,8	3	1,8	0,2	400

Таблица 8

Характеристики сточной и речной воды по основным показателям для расчета НДС

Показатель состава сточных вод	Концентрация веществ, мг/л		
	Фоновая концентрация в реке	Концентрация в сточной воде	ПДК
1	2	3	4
Азот аммонийный	0,1	2	0,5
Азот нитритный	0,01	0,05	0,02

Азот нитратный	12	20	9,1
Нефтепродукты	0,01	0,3	0,05
Фосфаты	0,8	0,5	0,25
Хлориды	100	800	300
Биохимическое потребление кислорода (БПК)	2	8	3
Химическое потребление кислорода (ХПК)	25	20	30
Анилин	0,061	0,65	0,1
Ртуть	0	0,010	0,0005
Бензол	0,01	1,8	0,5
Метанол	0	40,0	3,0

Контрольные вопросы

1. Основные методы расчета НДС при сбросе сточных вод в реку.
2. Расчет коэффициента смешения стока с речной водой.
3. Санитарные правила и нормы охраны вод от загрязнений.
4. Основные правила составления и утверждения проектов НДС.

Литература: (12-19)

Работа №3

Расчет нормативов предельно-допустимых выбросов (НДС) для водохранилища

Цель работы: изучить алгоритм составления нормативов НДС для водохранилища; рассчитать НДС для водохранилища.

Основные понятия

При сбросе сточных вод в замкнутые водоемы и водохранилища необходимо учитывать снижение концентрации загрязняющего вещества вследствие разбавления стока.

Разбавление стока рассчитывают для двух принципиальных случаев.

1. Сброс воды осуществляют в водоем при условии, что масса стока сопоставима с массой воды в водоеме.

В этом случае происходит увеличение концентрации вещества в водоеме. При условии полного смешения воды водоема и стока концентрации загрязняющего вещества увеличивается в соответствии с формулой:

$$C = C_0 \cdot V / (V_0 V \cdot t)$$

где C – концентрация загрязняющего вещества в водоеме, кг/м^3 ; C_0 – концентрация вещества в стоке, кг/м^3 ; V_0 – объем воды водоема, м^3 ; V – скорость поступления воды, м^3 ; t – время, с.

2. Во втором случае сброс стока осуществляют в водоем при условии, что масса стока гораздо меньше, чем масса воды в водоеме. В этом случае концентрация вещества зависит от начального и конечного разбавления стока, формулы (2.1) ... (2.12).

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант выполнения работы (1...10).
2. Определить разбавление сточной воды в водоеме при условии, что масса стока меньше массы воды в водоеме.
3. Рассчитать величины предельно допустимых сбросов для веществ, указанных в табл.2. При расчетах обратить внимание на следующее: для веществ, обладающих лимитирующим показателем вредности (ртуть, формалин, метанол, нитриты, анилин, бензол) необходимо соблюдать условие:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1$$

где $C_1 \dots C_n$ – концентрации веществ в водоеме, мг/л, кг/м³; $ПДК_1 \dots ПДК_n$ – предельно допустимые концентрации веществ, мг/л, кг/м³.

При нарушении этого условия ПДС для веществ, обладающих фактором ЛПВ, пропорционально снижают;

- при фактическом сбросе веществ меньше расчетного за величину НДС принимают фактический сброс.
- заполнить табл.11. для утверждения нормативов НДС.

Таблица 9

Исходные данные для расчета НДС для водохранилища

Вариант работы	Расход сточных вод, м ³ /с	Глубина водохранилища (ср), м	Скорость ветра w, м/с	Расстояние до контрольного створа l, м
1	0,5	5	5	500
2	1	4	3	600
3	1,5	3	5	800
4	2,0	2	4	400
5	3,0	1	1	500
6	4,0	3	2	200
7	3,5	4	4	300
8	4,5	3	5	200
9	3	2	3	300
10	2	2	2	100

Таблица 10

Характеристики стока и водохранилища по основным показателям для расчета НДС

Показатель	Концентрация веществ, мг/л		
	Фоновая в водохранилище	В сточной воде	ПДК
Азот аммонийный	0,1	2	0,5
Азот нитритный	0,01	0,05	0,02
Азот нитратный	12	20	9,1
Нефтепродукты	0,01	0,3	0,05
Фосфаты	0,8	0,5	0,25
Хлориды	100	800	300
Биохимическое потребление кислорода (БПК)	2	8	3
Химическое потребление кислорода (ХПК)	25	20	30
Анилин	0,061	0,65	0,1
Ртуть	0	0,010	0,0005
Бензол	0,01	1,8	0,5
Метанол	0	40,0	3,0

Таблица 11

Предельно допустимый сброс загрязняющих веществ

№ п/п	Показатель состава сточных вод	Фактическая концентрация сброса, мг/л	Сброс, г/ч	ПДС г/ч
-------	--------------------------------	---------------------------------------	------------	---------

Контрольные вопросы

1. Методы для расчета НДС при сбросе сточных вод в водохранилище.
2. Расчет коэффициента разбавления стока.
3. Правила составления проектов НДС при сбросе сточных вод в водохранилище.

Литература: (12-19)

Работа № 4

Расчет предельно допустимых выбросов и оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы

Цель работы: научиться проводить нормативный расчет выбросов в окружающую среду; оценить ущерб от загрязнения атмосферы.

Основные понятия

Предельно допустимый выброс (ПДВ) – это такое количество вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, которое обеспечивает концентрацию вещества в приземном слое не выше предельно допустимой концентрации (ПДК).

ПДВ устанавливают для каждого источника загрязнения атмосферы. Рассчитанные значения ПДВ должны являться научно обоснованной формой выброса промышленным предприятием вредных химических веществ, чтобы обеспечить соблюдение требований санитарных органов по чистоте атмосферного воздуха населенных мест.

Основной критерий качества атмосферного воздуха при установлении ПДВ для источника загрязнения атмосферы – ПДК.

При установлении ПДВ для источника загрязнения атмосферы учитывают расчетные или экспериментальные величины фоновых концентраций вредных веществ. Поэтому в формуле расчета представляют значения:

$$C = C_p + C_{\phi}$$

где C_p – расчетная концентрация загрязняющего вещества, мг/м³; C_{ϕ} – фоновая концентрация загрязняющего вещества в расчетной точке, мг/м³.

Предельно допустимый выброс загрязнителя источником (ПДВ, г/с) и максимально допустимую концентрацию вредного вещества в газовой смеси при выходе в атмосферу $m(C_M)$ можно рассчитать по преобразованным уравнениям (1.1.1) ... (1.1.19).

Коэффициенты стратификации атмосферы (А) и оседания вредных веществ (В) приведены в табл. (12; 13).

Таблица 12

**Коэффициент стратификации атмосферы (А)
в регионах России и СНГ**

Регион России и СНГ	А
1	2
Район Средней Азии южнее 40° с.ш. Читинская область	250
Европейская часть СНГ южнее 50° с.ш., Нижнее Поволжье, Кавказ, Молдова, Казахстан, Дальний Восток.	200
Европейская часть СНГ и Урал от 50 до 52° с.ш. за исключением перечисленных выше районов	180
Европейская часть СНГ и Урал севернее 52° с.ш. Украина	160
Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области	140

Таблица 13

Коэффициент F для различных загрязнителей

Тип загрязнителя	Размер частиц	Коэффициент F
Газы, аэрозоли, пыль	Менее 5	1
Пыль, аэрозоли	5...10	2
Пыль, аэрозоли	10...20	2,5
Пыль, аэрозоли	20...40	3

Варианты для расчета ПДВ

Загрязнитель	Регион	ΔT	H, m	$ПДК, \text{мг/м}^3$	D, m	$M, \text{т/год}$	$W_1, \text{м}^3/\text{с}$	J_i
Серный ангидрид	Хабаровск	30	18	10	1,05	150	2,5	6
Фенолы	Новокуйбышевск	35	17	1,0	1,5	210	1,85	5
Оксиды азота	Липецк	20	15	5,0	1,0	300	1,9	6
Аммиак	Рубежное	25	16	20	1,5	400	2,0	7
Метилмеркаптан	Мариуполь	45	18	0,8	1,75	100	2,5	8
Альдегиды	Белгород	25	16	0,5	1,2	200	1,4	6
Сероводород	Тюмень	30	17	10,0	1,15	300	1,25	5
Сернистый ангидрид	Баку	20	18	1,0	1,2	500	1,4	7
Фториды	С. Петербург	25	12	0,2	0,9	200	1,05	6
Оксид углерода	Донецк	40	15	20,0	1,1	800	1,25	8
Изопрен	Грозный	45	16	40	1,2	100	1,3	6
Углеводороды	Казань	20	17	5	1,5	400	1,05	5
Бензол	Уфа	35	15	6,0	1,0	500	1,2	5
Сульфат марганца	Челябинск	70	18	0,03	2,0	600	1,3	5
Ферриты	Дзержинск	60	20	6,0	1,5	800	1,45	4
Хлористый водород	Екатеренбург	55	17,5	5,0	1,4	1000	1,15	5

Порядок выполнения работы

По указанию преподавателя получите варианты расчета. Ознакомьтесь с методикой проведения расчета. Проведите необходимые вычисления предельно допустимого выброса и эколого-экономического ущерба от загрязнения атмосферы, формулой (1.1) ... (1.21), (4.1) ... (4.9).

Контрольные вопросы

1. Назовите основные факторы, влияющие на концентрацию загрязняющего вещества в приземном слое при выбросе газовойздушной смеси из одиночного источника с круглым устьем.
2. Как влияет рельеф местности на загрязнение атмосферы при выбросе вещества из организованного источника (трубы)?
3. Как проводят расчет загрязнения атмосферы выбросами группы источников?
4. Предельно допустимые концентрации вредных веществ.
5. ОБУВ: определение, нормы.
6. Запишите основные формулы для расчета ущерба от загрязнения атмосферы.

Литература: (14-16; 19)

Работа № 5

Оценка радиоактивного загрязнения атмосферы при залповом выбросе радионуклидов

Цель работы: провести расчет радиоактивного загрязнения атмосферы при выбросах радионуклидов, оценить уровень радиации в различные периоды времени.

Основные понятия

Прогнозирование активности радионуклидов является предметом более сложных расчетов, чем прогноз ожидаемой концентрации загрязняющих веществ. Связано это с тем, что кроме распределения вещества в приземном слое воздуха активность нестабильных веществ, подверженных радиоактивному распаду, изменяется с течением времени.

В настоящей лабораторной работе предложена методика расчета активности радионуклидов по оси факела рассеивания выброса при залповом выбросе радиоактивного вещества.

Условия проведения расчета:

- залповый выброс радиоактивного вещества от одиночного источника с круглым устьем продолжается не менее 20 мин;
- период полураспада радиоактивного вещества больше чем время залпового выброса.

При соблюдении условий проведения расчета активность радионуклида находят по формулам:

$$A_V = (C \cdot N_A \cdot \ln 2) / T_{1/2}$$

$$C = C_m \cdot \exp((-t \cdot \ln 2) / T_{1/2})$$

где A_V – удельная активность радионуклида, Беккерель/м³ (Бк/м³); $T_{1/2}$ – период полураспада, с, мин, ч, год; C_m , C – соответственно начальная и текущая концентрация радионуклидов к моменту времени t , кмоль/м³; N_A – число Авогадро; t – время, с, мин, ч, год.

Начальную концентрацию находят по стандартной методике расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе (ОНД - 86), формулы (1.1) ... (1.21).

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант выполнения работы в соответствии с табл.15.
2. Провести расчет начальной концентрации радионуклида в приземном слое на разных расстояниях от источника по оси факела выброса (табл.19).
3. Рассчитать активность радионуклида в различные периоды времени. Составить карту загрязнения атмосферы радионуклидом (см. табл.16).

Таблица 15

**Варианты выполнения заданий по расчету активности
радионуклидов**

Вариант	Радио- нуклид	Период полурас- пада, $T_{1/2}$	Мощность выброса, м	Высота выброса, м	Диаметр D, м	Скорость выхода газов, м/с	Разность температур ΔT , град
1	^3H	12,4 года	10,0	10	2	1	100
2	^{22}Na	2,6 года	20,0	20	1	2	200
3	^{24}Na	15 ч	30,0	30	2	3	300
4	^{42}K	12,4 ч	40,0	15	1,5	1	400
5	^{84}Rb	33 сут	50	25	1	2	200
6	^{129}Cs	32 ч	60	35	1	2	400
7	^{33}P	25 сут	10	20	2	1	300
8	^{82}Br	35 ч	15	10	2,5	1	200
9	^{121}I	2 ч	20	10	1	2	300
10	^{80}Co	5,3 года	100	20	1	7	300

Таблица 16

Карта загрязнения атмосферы выбросами радионуклидов

Время от начала выброса T	Активность радионуклида на различных расстояниях от места выброса, Бк/м ³				
	20	100	1000	3000	10000
2 ч					
10 ч					
48 ч					
100 ч					
10 сут					
50 сут					
1 год					
5 лет					
15 лет					
20 лет					

Контрольные вопросы

1. Дозы излучения и единицы измерения.
2. Расчет ожидаемой активности радионуклидов.
3. Методы защиты биосферы от излучений.
4. Предельно допустимые выбросы радионуклидов.

Литература: (17; 19)

Работа № 6

Составление карты рассеивания токсичных выбросов

Цель работы: научиться рассчитывать концентрацию загрязняющих веществ в приземном слое воздуха; составить карту рассеивания токсичных веществ, выделяющихся при горении топлива.

Порядок выполнения работы

По указанию преподавателя получить вариант выполнения работы. Используя формулы (1.1)...(1.21), (3.1)...(3.6), провести необходимые расчеты с пунктами 1..3 данной работы.

1. Рассчитать концентрацию токсичных веществ на расстоянии от источника выброса: 20, 100, 500, 1000, 2000, 2500, 3000 м.
2. Составить карту рассеивания вредных веществ (табл. 18).

Таблица 16

Варианты заданий для составления карты рассеивания токсичных выбросов

Вариант	Вид топлива	Зольность топлива, %	Расход топлива в топке, г/с	Теплотворная способность топлива, МДж/кг
1	Мазут	0,01	10	40
2	Уголь	18	60	20
3	Нефть	0,08	100	35
4	Газ	0	20	35
5	Мазут	0,03	40	30
6	Нефть	0,06	60	30
7	Газ	0	80	35
8	Газ	0	60	35
9	Уголь	14	100	20
10	Уголь	20	200	18
11	Нефть	0,5	200	25
12	Газ	0	300	30

Таблица 17

Параметры выбросов источника вредных веществ

Вариант	Высота трубы выброса, м	ΔT , град	Содержание серы, %	Диаметр трубы, м	V_1 , м ³ /с
1	10	100	3	0,5	0,3

2	15	200	7	1	0,6
3	20	200	2	1	6
4	20	150	1	0,5	1
5	15	180	3	1	1
6	20	200	5	1	2
7	10	100	3	0,5	3
8	10	100	1	0,5	3
9	15	150	6	0,5	8
10	10	150	8	1	10
11	40	200	2	2	10
12	45	200	5	2	10

Таблица 18

**Карта рассеивания вредных веществ
(максимальное загрязнение по оси факела)**

Расстояние от источника, м	Концентрация, мг/м ³			
	Твердых веществ	Оксида углерода	Оксидов серы	Оксидов азота
20				
100				
500				
1000				
2000				
2500				
3000				

3. Рассчитать максимальную приземную концентрацию токсичных веществ и расстояние X_m , на котором ожидается максимальное загрязнение воздуха. Сопоставить полученные данные загрязнений воздуха ПДК токсичных веществ, мг/м³: $ПДК_{TB} = 5$; $ПДК_{CO} = 3$; $ПДK_{SO} = 0,5$; $ПДK_{NO} = 0,085$.

4. При превышении ПДК предложить мероприятие по достижению нормативов ПДК.

Контрольные вопросы

1. Современные методы расчета загрязнения воздушного бассейна.
2. Очистка выбросов в атмосферу от твердых частиц.
3. Очистка выбросов в атмосферу от газов и аэрозолей.
4. Предельно допустимые выбросы.

Литература: (19)

Работа № 7

Анализ экономической эффективности одноцелевого мероприятия по защите биосферы

Цель работы: научиться оценивать экономические и экологические преимущества внедрения средозащитных мероприятий.

Основные понятия

Анализ эколого-экономической эффективности одноцелевого средозащитного мероприятия проводят путём расчета экономической эффективности $\mathcal{E}_r$ и предотвращенного ущерба Y при внедрении очистных сооружений или прогрессивных технологий.

Экономическая эффективность $\mathcal{E}_r$ равна:

$$\mathcal{E}_r = Y - (Y + C_{сз} + E_H K_{сз})$$

где Y_1 – ущерб от загрязнения водоёма до внедрения средозащитного мероприятия, руб/год; Y – ущерб от загрязнения водоёма после внедрения средозащитного мероприятия, руб/год; $C_{сз}$ – средозащитные текущие затраты на эксплуатацию очистных сооружений, руб/год; $K_{сз}$ – средозащитные капитальные затраты, руб/год; E_H – коэффициент эффективности капитальных затрат, равный 0,15.

Ущерб от загрязнения водоёма Y_1 : $Y_1 = Y_2 \cdot J \cdot M_i$

где Y_2 – удельный ущерб от сброса одной условной тонны вещества, равный 144 руб/т; J – показатель относительной опасности загрязнения водоёма для данной местности, 2,00; M_i – приведенная масса сбрасываемого вещества.

Приведенная масса сбрасываемого вещества:

$$M_i = m_i \cdot A_i : m_i = q_i \cdot C_i : A_i = 1 / ПДК_i$$

где m_i – масса сбрасываемого вещества, кг; A_i – показатель относительной токсичности вещества; C_i – концентрация вещества, кг/м³; A_i – объём стока, м³.

Предотвращенный ущерб Y

$$Y = Y_1 - Y$$

Коэффициент абсолютной экономической эффективности средозащитных капитальных вложений.

$$\mathcal{E}_k = (Y - C_{сз}) / K_{сз}$$

Таблица 19

Исходная информация для расчета экономической эффективности одноцелевого средозащитного мероприятия

№ П/П	Название веществ, поступающих в водоём со стоками	Предельно допустимая концентрация (ПДК), мг/м ²
1	БПК	3
2	Нефть	0,05

3	Масло	0,01
4	Формальдегид	0,1
5	Ацетофенол	0,1
6	Бутанол	0,03
7	Изопрен	0,005
8	Диметилдиоксан	0,005

Порядок выполнения работы

По указанию преподавателя получить вариант расчета экономической эффективности одноцелевого средозащитного мероприятия (табл. 23).

По формулам (1.4.1)...(1.4.9) определить экономическую эффективность $\mathcal{E}_r$, предотвращенный ущерб Y , коэффициент абсолютной экономической эффективности средозащитного капитального вложения $\mathcal{E}_k$. Сделать вывод о целесообразности внедрения на предприятии предлагаемой системы очистки сточных вод.

Таблица 20

Варианты расчета экономической эффективности одноцелевого средозащитного мероприятия

Вариант	Концентрация вещества в стоках до внедрения мероприятия, г/м ³							
	БПК	Нефть	Масло	Формальдегид	Ацетофенол	Бутанол	Изопрен	Диметилдиоксан
1	3000	20	7	85	70	80	3,0	3,5
2	1000	15	11	70	68	60	2,0	4,0
3	4000	10	8	75	66	40	3,5	4,5
4	2500	12	14	65	64	30	2,5	5,0
5	3200	18	10	50	62	35	2,6	5,5
6	4300	25	5	55	60	45	2,8	6,0
7	4500	30	6	45	72	50	2,4	6,5
8	3100	31	8	40	74	55	2,2	7,0
9	2700	32	16	48	76	75	3,2	7,5
10	1500	34	17	36	78	85	3,4	8,0
11	4500	36	19	44	80	38	3,6	8,5
12	3600	40	13	58	18	33	3,8	9,0
13	2400	25	12	66	25	28	4,0	9,5
14	1900	19	15	14	40	20	4,2	10,0

Таблица 21

Параметры сброса вредных веществ

Вариант	Объем стока, млн. м ³ /год	Ксз, млн. руб/год	Ссз, млн. руб/год	Степень очистки, %
1	45	12	0,8	80
2	48	18	1,0	85
3	50	30	4,0	90
4	52	7	0,5	65
5	54	6	0,4	60

6	40	40	6,0	95
7	35	11	0,6	70
8	36	8	0,6	73
9	58	15	0,6	74
10	60	17	0,7	72
11	41	12	0,8	80
12	46	8	0,6	65
13	49	9	0,5	62
14	47	9	0,55	64

Контрольные вопросы

1. Полный экономический эффект природоохранного мероприятия, предотвращенный ущерб от внедрения средозащитных технологий, абсолютная экономическая эффективность.

2. Порядок разработки технико-экономических обоснований средозащитных мероприятий, выбор базы сравнения.

3. Оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы.

4. Оценка экономического ущерба от загрязнения водоемов.

5. Оценка экономического ущерба от загрязнения почвы.

Литература: (16; 19)

Работа № 8

Защита от шума

Цель работы: изучить основные характеристики производственного шума и принципы его нормирования, ознакомиться с методами измерения и средствами защиты от шума, составить общие выводы и предложения по защите рабочих от производственного шума.

Основные понятия

Шумом называется бессистемное сочетание звуков различной интенсивности и частоты, оказывающих вредное действие на организм человека.

Восприятие звука зависит от многих факторов: возраста, состояния здоровья, характера трудовой деятельности. Установлено, что большее влияние шум оказывает на людей, занятых умственным трудом, чем физическим. Особенно беспокоит человека шум непонятного происхождения, возникающий в ночное время суток. Шум, создаваемый самим человеком, беспокоит его значительно меньше, чем окружающих. Многочисленными исследованиями доказано, что шум снижает производительность труда на промышленных предприятиях на 30%, повышает опасность травматизма,

приводит к развитию заболеваний. В структуре профессиональных заболеваний в РФ примерно 17% приходится на заболевания органа слуха.

Борьба с шумом на промышленных предприятиях является одной из важнейших проблем современности.

Физические характеристики шума. По физической природе шумом является всякий нежелательный для человека звук. Звук обуславливается механическими колебаниями в упругих средах и телах (твердых, жидких и газообразных), частоты которых лежат в диапазоне от 17... 20 до 20 000 Гц. Соответственно этому механические колебания с указанными частотами называют звуковыми или акустическими.

Неслышимые человеком механические колебания с частотами ниже звукового диапазона называют инфразвуковыми, а с частотами выше звукового диапазона – ультразвуковыми.

При распространении волны частицы среды не движутся вместе с волной, а колеблются около своих положений равновесия. Вместе с волной от частицы к частице среды передаются лишь состояние колебательного движения и его энергия. Поэтому основным свойством волн является перенос энергии без переноса вещества. Это характерно для всех волн независимо от их природы, в том числе и для звуковых. Звуковые волны возникают при нарушении стационарного состояния среды вследствие воздействия на нее какой-либо возмущающей силы.

Шум, как любой звук, характеризуется частотой f , интенсивностью I и звуковым давлением p . Чем выше частота колебания, тем выше тональность шума. Чем больше интенсивность и звуковое давление, тем громче шум.

Во время распространения звуковых колебаний в воздухе появляются области разрежения и области повышенного давления, которые и определяют величину звукового давления p . Звуковым давлением называется разность между мгновенным значением давления при распространении звуковой волны и средним значением давления в невозмущенной среде. Звуковое давление изменяется с частотой, равной частоте звуковой волны.

На слух человека действует среднеквадратичное значение звукового давления:

$$p^2 = \frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt.$$

Осреднение во времени происходит в органе слуха человека за время 30...100 мс.

Единица измерения звукового давления – Па (Н/м²).

При распространении звуковой волны происходит перенос кинетической энергии, величина которой определяется интенсивностью звука. Интенсивность звука определяется средней по времени энергией, переносимой звуковой волной в единицу времени сквозь единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения волны:

$$I = \frac{W}{S \cdot T}.$$

Единица измерения интенсивности звука – (Вт/м²).

Интенсивность звука и звуковое давление связаны соотношением:

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c},$$

где ρ – плотность среды, кг/м³; c – скорость распространения звука в данной среде, м/с; $\rho \cdot c$ – удельное акустическое сопротивление среды, Па·с/м.

Для воздуха $\rho \cdot c$ – 410 Па·с/м, для воды – $1,5 \cdot 10^6$ Па·с/м, для стали – $4,8 \cdot 10^7$ Па·с/м.

Величины звукового давления и интенсивности, с которыми приходится иметь дело в практике борьбы с шумом, изменяются в очень широких пределах: по давлению до 10^8 раз, по интенсивности – до 10^{16} раз. Оперировать такими цифрами неудобно.

Кроме того, установлено, что согласно биологическому закону Вебера-Фехнера, выражающего связь между изменением интенсивности раздражителя и силой вызванного ощущения, реакция организма прямо пропорциональна относительному приращению раздражителя.

В связи с этим были введены логарифмические величины – уровни звукового давления и интенсивности:

$$L = \lg I / I_0,$$

где I_0 – интенсивность звука на пороге слышимости, принимаемая для всех звуков равной 10^{-12} Вт/м².

Величина L называется уровнем интенсивности звука и выражается в белах (Б) в честь изобретателя телефона ученого Александра Белла. Ухо человека реагирует на величину в десять раз меньшую, чем бел, поэтому распространение получила единица децибел (дБ), равная 0,1 Б.

Так как интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, то уровень звукового давления определится по формуле:

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0},$$

где P_0 – пороговое звуковое давление, едва различимое ухом человека, на частоте 1000 Гц составляет $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Уровнями интенсивности обычно пользуются при выполнении акустических расчетов, а уровнями звукового давления – при измерении шума и оценке его воздействия на организм человека.

Использование логарифмической шкалы для измерения уровня шума позволяет получить сравнительно небольшой интервал логарифмических величин от 0 до 140 дБ. Уровни звукового давления некоторых источников шума имеют следующие значения:

– 10 дБ – шелест листьев, тиканье часов;

- 30 дБ – тихий разговор;
- 50 дБ – громкий разговор;
- 80 дБ – шум работающего двигателя грузовика;
- 100 дБ – автомобильная сирена;
- 140 дБ – аварийный нефтяной или газовый фонтан, порог болевого ощущения, выше которого давление звука приводит к разрыву барабанной перепонки.

Реальный звук является наложением гармонических колебаний (т.е. колебаний, совершаемых по закону косинуса или синуса) с большим набором частот, т.е. звук обладает акустическим спектром. *Спектр* – распределение уровней шума по частотам.

При измерении и анализе шумов весь диапазон частот разбивают на октавы – интервалы частот, где конечная частота больше начальной в 2 раза:

$$\frac{f_2}{f_1} = 2$$

и третьоктавные полосы частот, определяемые соотношением:

$$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[3]{2}$$

В качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется средне-геометрическая частота:

- для октавного диапазона – $f_{\text{ср}} = \sqrt{f_1 f_2}$
- для третьоктавного – $f_{\text{ср}} = \sqrt[3]{2} f_1$

Область слышимых звуков ограничивается не только определенными частотами, но и предельными значениями звуковых давлений и их уровней. Так, для того чтобы вызвать звуковое ощущение, волна должна обладать некоторым минимальным звуковым давлением, но если это давление превышает определенный предел, то звук не слышен и вызывает только болевое ощущение. Таким образом, для каждой частоты колебаний существует наименьшее (порог слышимости) и наибольшее (порог болевого ощущения) звуковое давление, которое способно вызвать звуковое восприятие.

Порог болевого ощущения на частоте 1000 Гц составляет $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Классификация шумов. В соответствии с ГОСТ 12.1.003-88 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» шумы классифицируются по характеру спектра и временным характеристикам.

По характеру спектра шумы подразделяются на широкополосные и тональные.

Широкополосным называется шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

Тональным называется шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона. Тональность шума устанавливается измерением уровней

звукового давления в 1/3 октавных полосах частот, когда превышение уровня в одной полосе по сравнению с соседними составляет не менее чем 10 дБ.

По временным характеристикам шумы подразделяются на постоянные и непостоянные.

Постоянный шум – шум, уровень звука которого изменяется по времени (за 8-часовой рабочий день или за время измерения) не более чем на 5 дБА при измерении по временной характеристике шумомера «медленно». В свою очередь, непостоянный шум – это шум, уровень которого во времени изменяется более чем на 5 дБА.

Непостоянные шумы подразделяются на:

- колеблющиеся во времени, уровень звука которых непрерывно изменяется во времени;
- прерывистые, уровень звука которых ступенчато изменяется (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;
- импульсные, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука в дБА и дБА, измеренные соответственно на временных характеристиках шумомера «импульс» и «медленно», отличаются не менее чем на 7 дБА.

Нормирование шума. Предупреждение неблагоприятного воздействия шума на организм человека основано на его гигиеническом нормировании, целью которого является обоснование допустимых уровней, обеспечивающих предупреждение функциональных расстройств и заболеваний. В качестве критерия нормирования используются предельно допустимые уровни (ПДУ) шума.

Предельно допустимый уровень шума – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Эквивалентный (по энергии) уровень звука $L_{A_{экв}}$ (в дБА) непостоянного шума – уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет то же самое среднее квадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени.

$L_{A_{экв}}$ определяется по формуле:

$$L_{A_{экв}} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt,$$

где $p_A(t)$ – текущее значение среднего квадратичного звукового давления,

Па; T – время действия шума, ч, или

$$L_{A_{\text{экв}}} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \tau_i \cdot 10^{0,1 L_i} \right),$$

где T – период наблюдения, ч; τ_i – время воздействия шума с уровнем L_i , ч; L_i – уровень звука в г промежуток времени, дБА; n – общее число промежутков времени действия шума.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах устанавливаются с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности, определяемых в соответствии с руководством «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» 2.2.755-99. Их значения на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности приведены в табл. 30. Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот для постоянных шумов, соответствующие указанным в табл. 30 уровням звука в дБА, приведены в табл. 31.

Таблица 22

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности, дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	Легкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка	Тяжелый труд 1-й степени	Тяжелый труд 2-й степени	Тяжелый труд 3-й степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1-й степени	60	60			
Напряженный труд 2-й степени	50	50			

Примечания: 1. Для тонального и импульсного шума ПДУ на 5 дБА меньше значений, указанных в таблице 30. 2. Для шума, создаваемого в помещениях с установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления – на 5 дБА меньше фактических уровней шума в помещениях, если последние не превышают значений в таблице 30 (поправка для тонального и импульсного шума при этом не учитывается), в противном случае на 5 дБА меньше значений, указанных в таблице 30. 3. Дополнительно для колеблющегося во времени и прерывистого шума максимальный уровень звука не должен превышать 110 дБА, а для импульсного шума 125 дБА. 4. Сочетания напряженного и очень напряженного с

тяжелым и очень тяжелым физическим трудом не нормируются, исходя из необходимости их ликвидации как недопустимых.

Таблица 23

**ПДУ звукового давления в октавных полосах частот
и уровни звука в дБА**

Уровень звука, дБА	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
50	86	71	61	54	49	45	42	40	38	
55	89	75	66	59	54	50	47	45	44	
60	93	79	70	63	58	55	52	50	49	
65	96	83	74	68	63	60	57	55	54	
70	100	87	79	72	68	65	63	61	59	
75	103	91	83	77	73	70	68	66	64	
80	107	95	87	82	78	75	73	71	69	

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука для некоторых наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест, разработанные с учетом тяжести и напряженности труда, приведены в табл. 32.

Таблица 24

Предельно-допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест по СН 2.2.4/2.1.8.562-96 (извлечение)

№	Вид трудовой деятельности, рабочее место (примеры)	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1	Творческая деятельность, научная деятельность, программирование, преподавание и обучение	86	71	61	54	49	45	42	40	38		50
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность	93	79	70	68	58	55	52	52	49		60
3	Операторская работа по точному графику с инструкцией,	96	83	74	68	63	60	57	55	54		65

	диспетчер- ская работа										
4	Работа, требующая сосредоточенности, в помещениях лаборатории с шумным оборудо- ванием	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Постоянные рабо- чие места в произ- водственных по- мещениях и на территории пред- приятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Основные характеристики некоторых широко используемых в настоящее время приборов для измерения уровней шума на производстве приведены в табл. 33.

Таблица 25

Приборы, используемые для измерения шума

Название, тип шумомера	Измеряемые па- раметры	Корректирую- щие фильтры	Временные константы	Диапазон измерений, дБА	Частотный диапазон, Гц
Шумомер SVAN 943 (цифровой)	Уровень звуково- го давления, эк- вивалентный уровень звука	A, C, Лин	Медленно Быстро, Им- пульс	29-133	20-11000
ВШВ-003-М2 (аналоговый)	Уровень звуково- го давления, уро- вень звука с час- тотными характе- ристиками A, B, C	A, B, C, Лин	Медленно Быстро	20-130	2-20000

Работа № 9

Исследование искусственного освещения в производственных помещениях

Цель работы: ознакомление с нормированием и расчетом искусственного освещения, методами определения качества искусственного освещения на рабочих местах.

Основные понятия и определения

Искусственное освещение в помещениях принимается тогда, когда естественный свет недостаточен или отсутствует. Искусственное освещение подразделяют на рабочее, аварийное, охранное и дежурное (табл. 34). Оно проектируется двух видов: общее (равномерное или локализованное) и комбинированное (табл. 35).

Таблица 26

Виды искусственного освещения и его нормирование

Вид освещения	Характеристика	Нормирование
Рабочее	Освещение для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта	Нормы освещенности приведены в прил. 3
Аварийное: а) освещение безопасности	Предусматривается в случаях, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать: взрыв; пожар; отравление людей; длительное нарушение технологического процесса и т.д.	Должно создавать наименьшую освещенность на рабочих поверхностях в размере 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территорий предприятий
б) эвакуационное	Предусматривается в местах, опасных для прохода людей, в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей и т.д.	Должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5 лк, а на открытых территориях – 0,2 лк
Охранное	Должно предусматриваться вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время	Освещенность должна быть не менее 0,5 лк на уровне земли в горизонтальной плоскости
Дежурное	Включается только во внерабочее время	Не нормируется

Таблица 27

Системы искусственного освещения

Система освещения	Характеристика
Общее освещение:	Предназначено для освещения всего помещения
а) равномерное	Светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно
б) локализованное	Светильники размещаются применительно к расположению оборудования
Комбинированное	Освещение, при котором к общему освещению добавляется

Искусственное освещение в производственных помещениях осуществляется с помощью светильной аппаратуры – светильников. *Светильник* состоит из лампы, являющейся источником света, и осветительной арматуры, с помощью которой световой поток перераспределяется в нужном направлении. Для производственных и общественных помещений в качестве источников света применяются лампы накаливания и газоразрядные лампы, а при производстве строительных и монтажных работ внутри зданий – только лампы накаливания.

Возможности источников света определяются такими основными характеристиками, как: электрическая мощность лампы P (Вт); номинальное напряжение питания U (В); световой поток, излучаемый лампой Φ (лм), или максимальная сила света J (кд); световая отдача $\psi = \Phi/P$ (лм/Вт), т.е. отношение светового потока лампы к ее электрической мощности; срок службы лампы и спектральный состав света.

Лампы накаливания представляют собой источник света видимого излучения, возникающего при нагреве нити накала до температуры свечения. Широкое применение в промышленности получили лампы таких типов, как вакуумные (НВ), газонаполненные биспиральные (НБ), биспиральные с криптоксеноновым наполнением (НБК), зеркальные с диффузно отражающим слоем и др. Весьма перспективными являются галогидные лампы – лампы накаливания с йодным циклом, имеющие лучший спектральный состав света и более высокие экономические характеристики по сравнению с другими лампами накаливания.

К достоинствам ламп накаливания относятся удобство в эксплуатации, простота в изготовлении, отсутствие дополнительных пусковых устройств для включения в сеть, надежность работы при колебании напряжения в сети и различных состояниях окружающей среды. Они компактны, световой поток их к концу срока службы снижается незначительно (приблизительно на 15%).

Недостатками ламп накаливания являются низкая световая отдача (не более 20 лм/Вт), ограниченный срок службы (до 2,5 тыс. ч), преобладание излучения в желто-красной части спектра, что сильно отличает их спектральный состав от солнечного света, низкий КПД, равный 10–13%.

Газоразрядные лампы представляют собой источники света видимого излучения, вызываемого электрическим разрядом в атмосфере некоторых инертных газов и паров металлов и их смесей при различных давлениях с использованием в отдельных типах ламп люминофоров – специальных составов, которые преобразуют невидимое ультрафиолетовое излучение в видимый свет. Различают газоразрядные лампы низкого (люминесцентные) и высокого давления.

Наибольшее распространение среди газоразрядных ламп получили люминесцентные низкого давления мощностью 8–150 Вт, имеющие цилиндрическую форму и разные по цветности излучения в зависимости от состава люминофора.

По спектральному составу видимого света люминесцентные лампы делятся на несколько типов: дневного света (ЛД), дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ), белого цвета (ЛБ), холодного белого (ЛХБ) и теплого белого цвета (ЛТБ). Находят применение для освещения производственных помещений и газоразрядные лампы высокого давления: дуговые ртутные (ДРЛ), галогенные (ДРИ), дуговые ксеноновые трубчатые (ДКСТ), натриевые (ДНАТ) и др.

Основными преимуществами газоразрядных ламп перед лампами накаливания являются:

- высокая световая отдача (до 110 лм/Вт);
- большой срок службы (10000–14000ч);
- световой поток ламп по спектральному составу близок к естественному освещению.

К недостаткам газоразрядных ламп относятся:

- пульсация светового потока с частотой вдвое большей частоты питающего лампы переменного тока, что может привести к появлению стробоскопического эффекта, заключающегося в искажении зрительного восприятия;
- длительный период разгорания;
- наличие специальных пускорегулирующих аппаратов, облегчающих зажигание ламп и стабилизацию их работы;
- зависимость работоспособности от температуры окружающей среды (рабочий диапазон температур – 10...30 °С);
- повышенная чувствительность к снижению напряжения питающей сети;
- снижение светового потока к концу срока службы на 50% и более;
- создание радиопомех, исключение которых требует специальных устройств.

Нормирование освещенности производится в зависимости от системы освещения и характеристики зрительной работы, которая определяется следующими параметрами: наименьшим размером объекта при проведении работы, фоном, контрастностью объекта по отношению к фону.

К искусственному освещению предъявляют следующие требования:

- освещенность рабочего места должна соответствовать отраслевым нормам искусственного освещения;
- освещенность должна быть равномерной во времени и по площади;
- на рабочем месте необходимо обеспечить равномерное распределение яркости;

- в поле зрения должны отсутствовать прямая и отраженная блескость, а также резкие тени;
- при организации освещения необходимо учитывать спектральный состав света;
- осветительная установка не должна быть источником опасности и вредности.

Для расчета общего равномерного освещения производственных помещений применяют метод коэффициента использования светового потока. При расчете этим методом учитывается прямой свет от светильника и свет, отраженный от стен и потолка.

Световой поток одной лампы Φ_{λ} (лм) определяется по формуле

$$\Phi_{\lambda} = \frac{ESK_3 Z}{N\eta},$$

где E – нормируемая освещенность, лк; S – площадь помещения, м²; K_3 – коэффициент запаса, учитывающего старение лампы, запыление и загрязнение светильника; Z – коэффициент неравномерности освещения,

$Z = \frac{E_{cp}}{E_{min}}$ (его значения не должны превышать для работ I–III разряда при

люминесцентных лампах – 1,3, при других источниках света – 1,5; для работ IV–VII разрядов – 1,5 и 2,0 соответственно); N – число светильников; η – коэффициент использования светового потока. Он зависит от индекса помещения i , высоты подвеса светильников H_{ce} и коэффициентов отражения стен ρ_c , потолка ρ_n и пола ρ_p . Коэффициенты отражения оцениваются субъективно.

Индекс помещений i определяется по формуле

$$i = AB/H_{ce} (A + B),$$

где A и B – соответственно длина и ширина помещения, м; H_{ce} – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, определяется из выражения $H_{ce} = H - h_c - h$, где H – общая высота помещения, м; h_c – высота от светильника до потолка, м; h – высота от пола до освещаемой рабочей поверхности, м. Высота рабочей поверхности принимается 0,8 м.

При расчете определяют значение наименьшей освещенности E по ГОСТ 2239–79 и ГОСТ 6825–91, задаются типом и числом светильников N , по справочным таблицам находят значения коэффициентов K_3 и η , по формуле (5.1) подсчитывают световой поток Φ и по таблицам подбирают ближайшую стандартную лампу, обеспечивающую этот поток.

Выбор расположения и способов установки светильников

От расположения светильников зависят экономичность, качество освещения и удобство эксплуатации осветительных установок. Основные

схемы размещения осветительных установок для общего равномерного освещения показаны на рис. 3.

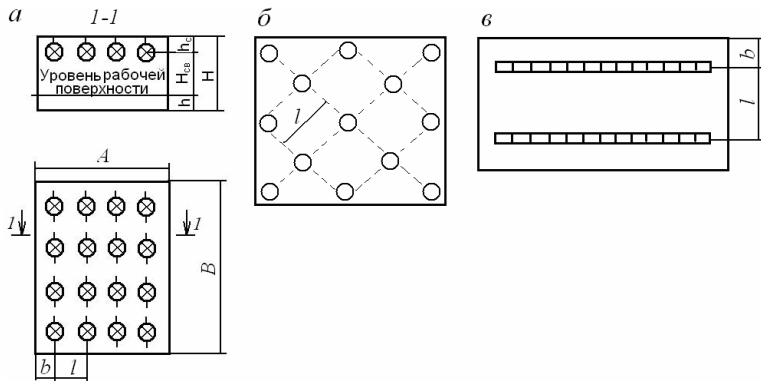


Рис. 3. Схемы размещения осветительных приборов для общего равномерного освещения:

а – лампы накаливания размещены по вершинам квадратных полей; *б* – то же, в шахматном порядке по вершинам квадратных, но диагонально расположенных полей; *в* – люминесцентные лампы, расположены параллельно стене с окнами (длинной стене узкого помещения)

Для различных типов светильников, выбор которых производится с учетом взрыво- и пожароопасности и загрязненности воздушной среды, светотехнический расчет должен определить их расположение, обеспечивающее требуемую освещенность рабочей поверхности при минимуме светового потока источников света и годовых эксплуатационных затрат. Эти характеристики зависят от отношения расстояния l между светильниками к расчетной высоте подвески h_c над рабочей поверхностью.

В зависимости от типа светильника отношение l/h_c принимают равным 1,4 – для светопоказателя $\lambda = l/h$ (отношения расстояния между светильниками или рядами светильников к высоте подвески светильника над рабочей поверхностью). В соответствии с ГОСТ 17677–82 рекомендуется принимать для различных типовых кривых силы света светильников следующие значения λ (табл. 36).

Таблица 28

Зависимость λ от различных кривых силы света светильников

Типовая кривая силы света	Энергетически выгодное λ_c	Экономически выгодное λ_s	Коэффициент m
Концентрированная	0,6	0,6	10
Глубокая	0,9	1,0	4
Косинусная	1,4	1,6	1
Полуширокая	1,6	1,8	1,6

Значения наивыгоднейшей высоты подвески светильника определяются по формуле

$$h = d \sqrt{\frac{m+1}{2}},$$

где d – размер освещаемой поверхности от источника света.

Расстояние от крайних светильников до стены рекомендуется выбирать равным $b = (0,3 \div 0,5)l$, при этом 0,5 принимается при наличии у стены проходов.

Порядок выполнения работы

Таблица 29

Варианты выполнения заданий

Вариант	Высота подвески светильника, м	Нормативная освещенность, Лк	Размеры помещения, АхВ, м
1	5	200	40х40
2	8	150	60х50
3	7	200	70х30
4	10	500	30х50
5	15	200	50х45
6	6	200	65х30
7	4	200	25х50
8	3	200	30х40
9	9	200	30х60
10	11	200	30х30

При расчете искусственного освещения применить метод коэффициента использования светового потока и приведенные ниже исходные данные. Размеры помещения (A , B) и высота подвески светильника h_c заданы, табл. 29.

1. Найти разряд зрительной работы и нормативную освещенность (см. прил. 3) для определенного вида помещения (лаборатории).
2. По характеристике помещения (лаборатории) определить коэффициент запаса K_z (см. прил. 4).
3. В зависимости от характера отражающей поверхности определить коэффициенты отражения потолка ρ_n , стен ρ_c и пола ρ_p (прил. 5).
4. Найти индекс помещения по формуле (5.2). По индексу помещения i и известным коэффициентам ρ_n , ρ_c , ρ_p вычислить коэффициент использования.

6. Найти расчетную общую равномерную освещенность рабочих мест в помещении по формуле (5.1) и сделать вывод, соответствует ли она нормативной освещенности.

Расчет устойчивости откоса

Для расчета откосов широко применяется метод круглоцилиндрической поверхности скольжения. Метод заключается в нахождении центра вращения линии скольжения (точка O) и расчете коэффициента устойчивости откоса. При этом решается плоская задача механики фунтов, т.е. в расчетах рассматривается часть бесконечного откоса шириной 1,0 м (рис. 5.1).

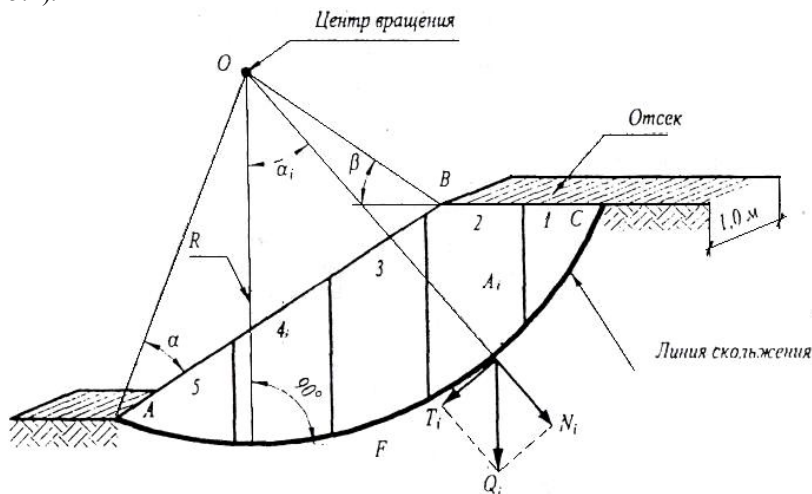


Рис. 5.1 Схема действия сил на откосе

Коэффициент устойчивости – это отношение моментов сил, удерживающих откос в состоянии равновесия, к моменту сил, сдвигающих откос:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n T_i}.$$

Для расчетов этих сил призму *ABC* разделяют на несколько отсеков. Силы взаимодействия в вертикальных плоскостях между отсеками не учитываются. Вес грунта в откосе раскладывается на две составляющие: касательные (T_i), направленные вдоль линии скольжения, и нормальные (N_i), перпендикулярные направлению касательных напряжений. При расчете учитываются следующие основные параметры:

- 1) физико-механические свойства:
 - γ – удельный вес, кН/м³;
 - φ – угол внутреннего трения, градус;
 - c – удельное сцепление, кПа;
- 2) геометрические параметры откоса:
 - H – высота откоса, м;
 - A_i – площадь блока, м²;
 - l_i – длина дуги скольжения, м;
- 3) силовые параметры:
 - Q_i – вес блока, кН;
 - T_i – сдвигающая сила, кН/м;
 - N_i – нормальная сила, кН/м;
 - F_i – сила трения грунта о фунт, кН/м.

Откос считается устойчивым, если $n \geq 1,2$.

Порядок выполнения работы

Работы выполняются графоаналитическим методом. В этом случае все расчетные схемы выполняются в масштабе. Каждый студент получает индивидуальное задание (табл. 30, 31).

Таблица 30

Исходные данные для расчета

Вариант	Высота откоса <i>H</i> , м	Разновидность грунта	Удельный вес γ , Н/м	Прочностные характеристики		Заложение откоса
				φ ,	c , кПа	

1	2	3	4	5	6	7
1	20	Суглинок	19,0	20	24	См. табл. заложения откосов
2	16	Глина	20,0	19	36	
3	14	Суглинок	18,5	17	32	
4	20	Супесь	18,0	25	12	
5	12	Суглинок	18,2	20	30	
6	14	То же	18,8	18	28	
7	18	Супесь	17,8	24	12	
8	20	Глина	19,8	12	30	
9	14	То же	20,0	14	32	
10	20	Суглинок	19,2	18	26	

Расчеты на устойчивость могут быть выполнены в двух вариантах:

Вариант 1 – поверхность скольжения откоса задается, необходимо определить n .

Вариант 2 – наиболее вероятная линия скольжения находится путем поиска минимальной величины n .

В настоящей работе студентам предлагается выполнить расчет по первому варианту. При этом центр вращения находится по значениям углов α и β (см. рис.). Значения углов определяются по табл. 31, исходя из величины заложения откоса.

Таблица 31

Значение углов α и β для определения центра вращения

Вариант	Заложение откосов ($H:l$)	α , град	β , град
1	1:1	28	37
2	1:1,5	26	35
3	1:2	25	35
4	1:3	25	35
5	1:4	25	36
6	1:5	25	37
7	1:1	28	37
8	1:1,5	26	35
9	1:2	25	35
10	1:3	25	35

Пример выполнения

Исходные данные для расчета: откос из однородного грунта (суглинка) высотой 11 м и заложением 1:1 (угол откоса 45°). Физико-механические свойства грунта: $\gamma = 19 \text{ кН/м}^3$, $\varphi = 20^\circ$, $c = 40 \text{ кПа}$. Необходимо оценить

устойчивость откоса в непосредственной близости от автомобильной дороги.

Последовательность расчета

1. В масштабе 1:100 строится схема откоса (рис. 5.1).
2. Вычисляется центр вращения O . Для этого по табл. 5.2 определим значения углов: $\alpha = 28^\circ$ и $\beta = 37^\circ$. На пересечении линий AO и BO находится центр вращения.
3. Из центра вращения проводится линия скольжения радиусом R , контуры призмы сползания ABC определены.
4. Производится разделение призмы ABC на отсеки шириной по 3 м. В нашем примере получилось семь отсеков. Каждый отсек имеет свою линию сдвига l_i , площадь A_i и вес грунта Q_i .
5. Определяются углы наклона поверхности скольжения в каждом отсеке α_i . Углы отсчитываются от линии, перпендикулярно проходящей через центр вращения. При этом α_i находящиеся на левой стороне от центра вращения, имеют знак "минус" (например, угол α_7 на рис.).

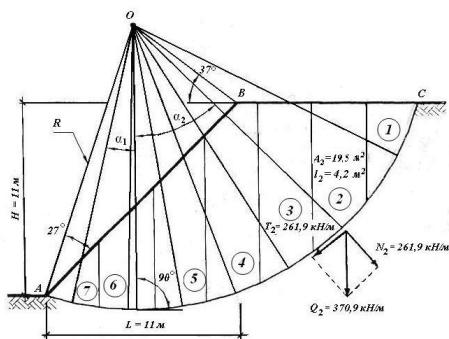


Рис.5.1 . Расчетная схема откоса

6. Дальнейший расчет производится в табличной форме (табл. 32). После заполнения таблицы определяется сумма удерживающих и сдвигающих сил.
7. Вычисляется коэффициент устойчивости откоса.

Сумма сдвигающих сил

$$\sum_{i=1}^n T_i = 101,9 + 261,9 + 256,5 + 176,1 + 56,5 - 4,6 - 36,3 = 816,0 \text{ кН/м.}$$

Расчет устойчивости откоса

№ изм.	$A_i, \text{м}^2$	$\gamma, \text{кН/м}^3$	$Q_i = \gamma \cdot A_i$ кН/м	α_i град	$\sin \alpha_i$	$T_i = Q_i \cdot \sin \alpha_i$ кН/м	$\cos \alpha_i$
1	6,25	19,0	118,8	63	0,8910	105,9	0,4540
2	19,5	19,0	370,5	45	0,7071	261,9	0,7071
3	27,0	19,0	513,0	30	0,500	256,5	0,8660
4	30,0	19,0	570,0	18	0,3090	176,1	0,9511
5	27,0	19,0	513,0	9	0,1564	80,5	0,9877
6	15,0	19,0	285,0	-1	-0,0175	-2,6	0,9998
7	9,2	19,0	174,8	-12	-0,2079	-36,1	0,9781

Продолжение таблицы 32

$N_i = Q_i \cdot \cos \alpha_i$ кН/м	$\varphi, \text{град}$	$\operatorname{tg} \varphi$	$F_i = N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi$ кН/м	$c, \text{кПа}$	$l_i, \text{м}$	$c \cdot l_i$
53,9	20	0,3640	19,6	40	5,5	220,0
261,9	20	0,3640	95,3	40	4,2	168,0
444,3	20	0,3640	161,7	40	3,6	144,0
542,1	20	0,3640	197,3	40	3,2	128,0
356,6	20	0,3640	129,8	40	3,0	120,0
264,9	20	0,3640	96,4	40	3,0	120,0
170,9	20	0,3640	62,2	40	3,0	120,0

Сумма удерживающих сил

$$\sum_{i=1}^n F_i + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i = (19,6 + 95,3 + 161,7 + 197,3 + 129,8 + 96,4 + 62,2) + (220,6 + 168,0 + 144,0 + 128,0 + 120,0 + 120,0 - 120,0) = 1782,3 \text{ кН/м.}$$

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n T_i} = \frac{1782,3}{816,0} = 2,18.$$

Вывод: откос находится в стабильном устойчивом состоянии. Уменьшение коэффициента n возможно при обводнении откоса, так как это приведет к снижению прочностных характеристик грунта.

Типовые задачи

Экспертиза состояния атмосферы

Пример 1. Определить количество твердых веществ, поступающих в атмосферу при сжигании каменного угля, в топке с неподвижной решеткой. Расход топлива 200 кг/ч, КПД золоуловителя равен 0,7, зольность угля – 28%.

Решение. Количество твердых веществ, поступающих в атмосферу, рассчитываем по формуле 1.3.2. Коэффициент f для угля и топки с неподвижной решеткой равен 0,0023:

$$M = 200 \cdot 0,0023 \cdot 28 \cdot (1 - 0,7) = 3,86 \text{ кг/ч.}$$

Пример 2. Рассчитать концентрацию оксидов серы в приземном слое атмосферы при сжигании топлива котельной. Высота трубы 35 м, диаметр устья 1,4 м, скорость выхода газовой смеси 7 м/с, температура газовой смеси 125 °С, температура окружающего воздуха 25 °С, мощность выброса 0,2 г/с, коэффициент стратификации атмосферы 200, коэффициент рельефа местности 1 (расстояние от трубы 50, 100, 200, 400, 1000, 3000 м).

Решение. Расчет расхода газовой смеси V_1 , м³/с, проводим по (1.1.2):

$$V_1 = (3,14 \cdot 1,4^2 \cdot 7) / 4 = 10,8$$

Рассчитываем перегрев газовой смеси ΔT , °С:

$$\Delta T = 125 - 25 = 100$$

Параметр f находим по (1.1.4):

$$f = (1000 \cdot 7^2 \cdot 1,4) / (35^2 \cdot 100) = 0,56$$

Параметр V_m , м/с, рассчитываем по (1.1.6):

$$V_m = 0,63 \cdot [(10,8 \cdot 100) / 35]^{1/3} = 2,04$$

Параметр V_m , определяем по (1.1.7):

$$V_m = (1,3 \cdot 7 \cdot 1,4) / 35 = 0,36$$

Параметр f рассчитываем по (1.1.5):

$$f = 800 \cdot (0,36)^3 = 37,32$$

Коэффициент m рассчитываем по (1.1.8), так как $f < 100$:

$$m = 1 / [0,67 + 0,1 \cdot (0,56)^{1/2} + 0,34 \cdot (0,56)^{1/3}] = 0,98$$

Коэффициент n при $f < 100$ определяем в зависимости от V_m по (1.1.10):
 $n = 1 \quad V_m \geq 2$.

Коэффициент d определяем при $V_m > 2$ и $f < 100$:

$$d = 7 \cdot (2,04)^{1/2} \cdot [1 + 0,28 \cdot (0,56)^{1/3}] = 12,3$$

Максимальная концентрация двуокиси серы, мг/л, рассчитывается по (1.1.1):

$$C_m = (200 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1) / (35 \cdot (10,8^2 \cdot 100)^{1/3}) = 0,19$$

Расстояние X_m , м, от источника выбросов, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает максимального значения C_m , определяется по (1.1.15):

$$X_m = 12,3 \cdot 35 = 430$$

Определим отношение X/X_m :

$$X = 50_m \quad X / X_m = 0,116$$

$$X = 100_m \quad X / X_m = 0,256$$

$$X = 200_m \quad X / X_m = 0,465$$

$$X = 400_m \quad X / X_m = 0,930$$

$$X = 1000_m \quad X / X_m = 2,32$$

$$X = 3000_m \quad X / X_m = 6,97$$

Коэффициент S для расстояния X определяем по (1.1.16):
при $X/X_m \leq 1$:

$$S = 3 \cdot (0,116)^4 - 8 \cdot (0,116)^3 + 6 \cdot (0,116)^2 = 0,069$$

$$S = 3 \cdot (0,256)^4 - 8 \cdot (0,256)^3 + 6 \cdot (0,256)^2 = 0,232$$

$$S = 3 \cdot (0,465)^4 - 8 \cdot (0,465)^3 + 6 \cdot (0,465)^2 = 0,633$$

$$S = 3 \cdot (0,93)^4 - 8 \cdot (0,93)^3 + 6 \cdot (0,93)^2 = 1$$

при $1 < X/X_m \leq 8$:

$$S = 1,13 / (0,13 \cdot (2,32)^2 + 1) = 0,664$$

$$S = 1,13 / (0,13 \cdot (6,97)^2 + 1) = 0,154$$

Приземную концентрацию вещества, мг/м^3 , по оси факела при неблагоприятных метеорологических условиях рассчитываем по (1.1.16):

$$X = 50_m \quad C = 0,19 \cdot 0,069 = 0,01;$$

$$X = 100_m \quad C = 0,19 \cdot 0,232 = 0,04;$$

$$X = 200_m \quad C = 0,19 \cdot 0,633 = 0,12;$$

$$X = 400_m \quad C = 0,19 \cdot 1 = 0,19;$$

$$X = 1000_m \quad C = 0,19 \cdot 0,664 = 0,13;$$

$$X = 3000_m \quad C = 0,19 \cdot 0,154 = 0,03$$

Пример 3. Рассчитать количество оксидов азота, выделяющихся при сжигании природного газа, в топке мощностью 80 кВт. Теплотворная способность топлива 25 МДж/кг. Расход топлива 200 кг/ч. Газоочистка отсутствует, $h_i = 0$. Коэффициент k , характеризующий количество оксидов азота, выделяющихся при горении топлива, равен 0,073 кг/МДж.

Решение. Рассчитаем количество оксидов азота, кг/ч по (1.3.5):

$$M = 0,001 \cdot 200 \cdot 25 \cdot 0,073 = 0,37$$

Пример 4. Оценить погрешность расчета выбросов оксида азота от котла ДКВР – 10-13, работающего на природном газе, если прямые измерения показали массу выброса в количестве 2,54 кг/ч. Расход топлива 0,17

м³/с, теплотворная способность газа 36 МДж/м. Коэффициент k , характеризующий количество оксидов азота, выделяющихся при горении топлива, равен 0,107 кг/МДж.

Решение. Мощность тепловой установки N , кВт, составляет:

$$N = 0.17 \cdot 36000 = 6120$$

Расчетный выброс M , кг/ч, и погрешность расчета J

$$M = 0.107 \cdot 36 \cdot 0.17 \cdot 36000 = 2,36$$

$$J = (2,54 - 2,36) / 2,54 = 0,07$$

Погрешность составляет 7%

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Найти количество оксидов серы (IV), выделяемого при сжигании 1000т мазута, содержащего 1% тиафена C_4H_6S .

Задача 2. Рассчитать максимальную концентрацию оксида серы (IV) на расстоянии 3км от трубы. Высота трубы 35 м, диаметр 1,4 м, линейная скорость выхода газозвдушной смеси из устья трубы 7 м/с, температура смеси 125 °С, температура воздуха 25°С. Коэффициент температурной стратификации $A=200$, мощность выброса $M = 20$ г/с, коэффициент учета рельефа местности $\eta = 1$.

Задача 3. Определить предельно допустимый выброс оксидов серы (IV) для одиночного источника с круглым устьем. Исходные данные для расчета: ПДК оксида серы (IV) 0,5 мг/м³; фоновая концентрация 0,3 мг/м³; высота трубы 15 м; коэффициент атмосферной стратификации 180; температура окружающей среды 25 °С; температура газозвдушной смеси на выходе из трубы 185 °С, объемная скорость выхода газозвдушной смеси 5 м³/с, диаметр трубы 1,8 м. найти предельно допустимый выброс в случае холодной газозвдушной смеси.

Задача 4. На окраине города планируется строительство для производства пара и горячей воды. Котельная работает на природном газе. Определить высоту трубы котельной, которая обеспечит нормативное качество вредных веществ в приземном слое (оксиды азота, оксид углерода (II)). Исходные данные для расчета: расход топлива 10000 тыс. м³/год; теплотворная способность топлива 35 МДж/м³, потери тепла в топке 10%; количество вредных веществ, образующихся на единицу тепла: $k_1 = 0,25$, $k_2 = 0,1$ мг/МДж; фоновые концентрации оксидов азота и оксидов углерода (II) соответственно равны 0,04 и 0,15 мг/м³. Коэффициент атмосферной стратификации, рельефа местности равны 180, 1. Объемная скорость выхода газов из трубы и их перегрев составляют 7 м³/с, 180 °С. Диаметр трубы 2 м.

Задача 5. Найти предельно допустимый выброс для оксида серы (IV) в случае двух одинаковых одиночных источников с координатами {X, Y}: {1500, 1000}, {1000, 1500}. Высота труб 20 м; объемная скорость выхода

газов $5 \text{ м}^3/\text{с}$; диаметр труб $1,5 \text{ м}$; коэффициент атмосферной стратификации 180; температура выходящих газов $225 \text{ }^\circ\text{C}$; температура воздуха $25 \text{ }^\circ\text{C}$; фоновая концентрация оксида серы (IV) $0,15 \text{ мг}/\text{м}^3$; ПДК $0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$. Выведите общую формулу для задач подобного типа.

Задача 6. Найти предельно допустимый выброс для оксида серы (IV) в случае трех одинаковых источников, расположенных на расстоянии 300 м друг от друга при условии, что источники расположены на одной прямой. Высота труб 20 м ; объёмная скорость выхода газов $5 \text{ м}^3/\text{с}$; диаметр труб $1,5 \text{ м}$; коэффициент атмосферной стратификации 180; температура выходящих газов $225 \text{ }^\circ\text{C}$; температура воздуха $252 \text{ }^\circ\text{C}$; фоновая концентрация оксида серы (IV) $0,15 \text{ мг}/\text{м}^3$; ПДК $0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Задача 7. Вы пришли на кухню и закипятили чайник на газовой плите. Определите концентрацию оксидов азота и оксида углерода (II) в долях ПДК при отсутствии вентиляции. Исходные данные для расчета: объём кухни 35 м^3 ; удельные показатели выбросов вредных веществ соответственно $0,03$ и $0,015 \text{ кг}/\text{кг}$; теплотворная способность топлива $35 \text{ МДж}/\text{кг}$; КПД горелки 60% ; масса воды 3 кг , температура воды $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Предельно допустимые концентрации вредных веществ $0,085, 5 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Задача 8. Определить количество твердых веществ, поступающих в атмосферу при сжигании каменного угля в топке с неподвижной решеткой. Расход топлива $4800 \text{ кг}/\text{сут}$, зольность 25% , КПД золоуловителей 72% , коэффициент учитывающий выброс твердого вещества в атмосферу, равен $0,0023 \text{ кг}/\text{кг}$.

Задача 9. Оценить количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу тепловой электростанцией, работающей на угле. Годовая потребность ТЭС в угле 500000 т . Газоочистные сооружения отсутствуют. Удельные показатели выбросов для твердых веществ, оксида серы (IV), оксида углерода (II), оксида азота (IV), бензпирена соответственно равны $0,06; 0,07; 0,05; 0,002; 2,10^{-6} \text{ кг}/\text{кг}$.

Задача 10. При сгорании 1 кг топлива в двигателе автомобиля образуется $0,03 \text{ кг}$ оксида углерода (II). Сколько времени может работать автомобиль в гараже при отсутствии вентиляции, чтобы качество воздуха соответствовало нормативному уровню содержания оксида углерода (II) $5 \text{ мг}/\text{м}^3$? Расход топлива $5 \text{ кг}/\text{ч}$, объем гаража 50 м^3 .

Экспертиза состояния водного бассейна

Пример 1. В водоем для рыбохозяйственных целей сбрасывают сток, содержащий азот аммонийный. Рассчитать нормативный допустимый сброс загрязняющего вещества, если средняя глубина водоема $2,3 \text{ м}$, а расстояние от места сброса до контрольной точки отбора проб воды на качество

100 м. Расход воды $10,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, фоновая концентрация загрязняющего вещества $0,37 \text{ мг/л}$.

Решение. При выпуске сточных вод в мелководье (средняя глубина водоема $H < 5 \text{ м}$) или в верхнюю треть глубины водоема кратность начального разбавления равна:

$$N_H = (0,003 + 0,0118 \cdot 2,3 \cdot 2,3) / (0,003 + 0,00118 \cdot 2,3 \cdot 2,3) = 7,08$$

где $0,003$ – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$.

Основное разбавление

$$N_0 = 1 + 0,4 \cdot (1/x)^{0,627+0,0002 \cdot 5,8}$$

$$x = 6,53 \cdot H^{1,17}, \quad x = 6,53 \cdot 2,3^{1,17} = 17,3 \quad 1/x = 100/17,3 = 5,8$$

$$N_0 = 1 + 0,4 \cdot (5,8)^{0,627+0,0002 \cdot 5,8} = 2,24$$

Общая кратность разбавления равна произведению начального и основного разбавления:

$$N = N_H \cdot N_0 = 7,08 \cdot 2,24 = 15,9$$

Используя найденную кратность разбавления, запишем уравнение для расчета концентрации загрязняющего вещества в стоке и определим предельно допустимый сброс (ПДС), мг/л :

$$C = (\text{ПДС} - C_\phi) \cdot N + C_\phi$$

$$C = (0,5 - 0,37) \cdot 15,9 + 0,37 = 2,44 \text{ мг/л}$$

где C_ϕ – фоновая концентрация вещества, мг/л .

$$\text{ПДС} = 2,44 \cdot 10,8 = 26,3 \text{ т/ч}$$

Пример 2. рассчитать кратность разбавления при сбросе сточных вод у берега в реку на расстоянии 500 м от места сброса. Гидрологические параметры реки: глубина 2 м ; ширина 10 м ; скорость расхода воды в реке $10 \text{ м}^3/\text{с}$; расход воды в стоке $1 \text{ м}^3/\text{с}$; скорость речного потока $0,5 \text{ м/с}$.

Решение. В реальных условиях разбавление стока зависит от коэффициента смешения, показывающего, какая часть речной воды смешивается со сточной:

$$N = 1 + Y \cdot W_0 / W_1$$

Коэффициент смешения рассчитывают по (1.2.5)...(1.2.7), если $H > 1 \text{ м}$, то $y = 0,23$.

$$C = 2^{0,23} / 0,03 = 39,1; \quad D = 9,8 \cdot 0,5 \cdot 2 / 39,12^2 = 6,4 \cdot 10^{-3}$$

При выпуске стока у берега $S = 1$, $\chi = 1$;

$$z = (6,4 \cdot 10^{-3})^{1/3} = 0,18$$

$$Y = 1 - \exp(-0,18 \cdot (500)^{1/3}) / 1 + 0,1 \cdot \exp(-0,18 \cdot (500)^{1/3}) = 0,22$$

$$N = 1 + 0,22 \cdot 10 = 3,2$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Рассчитать общее разбавление при сбросе сточных вод в водохранилище у берега, если глубина водоема 2 м, расстояние от места сброса до контрольной точки отбора проб 100м, расход сточной воды $10,8 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Задача 2. Рассчитать общее разбавление при сбросе сточных вод в водохранилище у берега, если глубина водоема 2,5 м, расход воды в стоке $12 \text{ м}^3/\text{ч}$. Выпуск сточных вод производится в нижнюю треть глубины водоема.

Задача 3. Рассчитать концентрацию загрязняющего вещества в реке на расстоянии 500 м от места сброса, если расход воды в реке $10 \text{ м}^3/\text{с}$, расход воды в стоке $1 \text{ м}^3/\text{с}$, коэффициент смешений 0,22, максимальная концентрация загрязняющего вещества 10 г/л, фоновая концентрация 2 г/л.

Задача 4. Рассчитать максимальную концентрацию загрязняющего вещества при сбросе сточных вод у берега на расстоянии 500 м, если известно, что ПДК равно $5 \text{ мг}/\text{м}^3$, фоновая концентрация 2 г/л, ширина 10 м, расход воды в реке $10 \text{ м}^3/\text{с}$, расход воды в стоке $1 \text{ м}^3/\text{с}$, скорость речного потока $0,05 \text{ м}/\text{с}$.

Задача 5. При нахождении расхода сточных вод был использован метод индикатора, который до этого не содержался в сточных водах. Расход индикатора 1 л/с, концентрация индикатора 1 г/л. В контрольной точке концентрация индикатора в стоке составила 0,0001 г/л. Найти расход стока при условии его полного смешения с водой индикатора.

Задача 6. Рассчитать кратность разбавления стока при сбросе сточных вод у берега в реку на расстоянии 500 м от места сброса. Гидрологические параметры реки: глубина 2,5 м, ширина 15 м, расход воды в реке $20 \text{ м}^3/\text{с}$, расход воды в стоке $5 \text{ м}^3/\text{с}$, скорость речного потока 1 м/с.

Задача 7. При сбросе в реку азота аммонийного ПДК составляет $0,5 \text{ мг}/\text{л}$, расход стока $10 \text{ м}^3/\text{ч}$, кратность разбавления – 20. Найти НДС.

Задача 8. При сбросе азота нитритного ПДК составила $0,2 \text{ мг}/\text{л}$, расход стока $20 \text{ м}^3/\text{ч}$, кратность разбавления – 10. Фоновая концентрация $0,04 \text{ мг}/\text{л}$. Найти НДС.

Задача 9. Найти НДС для источника загрязнения реки сбросами хлоридов, сульфатов, нитратов, фосфатов. Данные для расчета приведены в табл.29.

Таблица 29

Исходные данные для расчета НДС

Сбросы вредных веществ	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	PO_4^{3-}
ПДК, мг/л	100	300	9	3
$C_{\text{ф}}$, мг/л	3	100	50	15
Разбавление	4	5	10	5

Задача 10. Найти НДС для веществ, обладающих лимитирующим токсикологическим действием, если расход воды в стоке $1 \text{ м}^3/\text{с}$, их ПДК равны 0,01; 0,05; 0,1 мг/л, а концентрации составляют 100, 9, 3 мг/л соответственно.

Эколого-экономический ущерб от загрязнения среды

Пример 1. Определить приведенную массу годового сброса, если ПДК вещества в водоеме рыбохозяйственного назначения составляет 0,02 мг/л, масса сброса 1т.

Решение. Приведенная масса годового сброса определяется по (1.4.8):

$$B = 1/0,02 = 50;$$

$$M_1 = 50 \cdot 1 = 50;$$

Пример 2. Рассчитать эколого-экономический ущерб при отчуждении земельных ресурсов, если масса годового сброса твердых отходов составляет 350000 т/год, показатель относительной ценности земельных ресурсов 0,7, удельный ущерб от выброса загрязнителя в почву равен 2 руб/т.

Решение. При отчуждении земельных ресурсов ориентировочную оценку экономического ущерба проводят по (1.4.9):

$$\mathcal{U}_n = 1 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 350000 = 490000 \text{ руб/год}$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Определить экономический ущерб от сброса стока, содержащего фосфаты, гидрохинон, нитриты. Концентрации вредных веществ равны 2, 3, 5 мг/л, а ПДК составляют 0,25, 0,05, 0,02 мг/л соответственно. Расход стока – $0,3 \text{ м}^3/\text{с}$, показатель относительной опасности веществ принять равным 1,63.

Задача 2. Рассчитать приведенную массу годового сброса стока, содержащего фосфаты, гидрохинон, нитриты, если масса сброса вредных веществ составляет 6, 15, 10 т, а ПДК равны 0,25, 0,05, 0,02 мг/л соответственно.

Задача 3. Рассчитать эколого-экономический ущерб от загрязнения вод, в состав которых входят хлориды, сульфаты, фосфаты и нитраты. Массы сброса вредных веществ равны 1, 2, 5, 7 т, а ПДК составляют 300, 100, 2,6, 9,1 мг/л соответственно.

Задача 4. Определить приведенную массу загрязнения водоемов бактериальной микрофлорой. Отношение колииндекса в сбросе и его нормативного содержания равно 2,5 и объем сброса $1350 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$.

Задача 5. Рассчитать эколого-экономический ущерб от загрязнения почвы при массе годового сброса 15000 т/год. Загрязнение производится выбросами неорганическими веществ; отходами бытовых свалок и орга-

нических веществ. Показатель относительной ценности земельных ресурсов принять равным 0,7.

Задача 6. Рассчитать эколого-экономический ущерб от загрязнения почвы, если вторичное поступление вредных веществ в воздушный бассейн составляет 600 млн руб/год. Отторжение земель под полигоны и свалки 5 руб/т, затраты на погрузку, разгрузку 10 руб/т, затраты на эксплуатацию систем складирования и уничтожения отходов 0,25 руб/т. Приведенная масса годового сброса 50 усл.т. показатель относительной опасности веществ принять равным 3,79.

Задача 7. Рассчитать эколого-экономический ущерб от загрязнения почвы, если отторжение земель под полигоны и свалки 5 руб/т, затраты на эксплуатацию систем складирования и уничтожения отходов 0,25 руб/т, затраты на погрузку, разгрузку 10 руб/т. Приведенная масса годового сброса 35 усл.т. показатель относительной опасности веществ для человека 0,01. Коэффициент, учитывающий вероятность накопления вещества, равна 1. Показатель опасности вещества для природы, кроме человека равен 1. Вероятность вторичного поступления вещества в атмосферу – 1. Вероятность образования более токсичных веществ из исходных – 1. Масса выброса 200000 т/год, при скорости оседания пыли более 20 см/с.

Задача 8. Рассчитать эколого-экономический ущерб от загрязнения атмосферы выбросами тепловой электростанцией, работающей на угле. Количество сжигаемого угля 20 тыс. т/год, содержание золы в топливе 25%, содержание серы 2%, потери тепла в топке 10%, коэффициент, учитывающий скорость оседания вещества, равен 1, коэффициент выхода оксида азота 0,25 кг/МДж, низшая теплота сгорания 25 МДж/кг, высота трубы 30 м, разность между температурой смеси и температурой воздуха 160 °С.

Задача 9. Эколого-экономический ущерб от загрязнения атмосферы выбросами отопительной станцией составил 1 млн руб/год по курсу рубля 2007 года. Оценить эколого-экономический ущерб по курсу рубля 2007 года.

Задача 10. Рассчитать эколого-экономический ущерб от загрязнения атмосферы выбросами вредных веществ, если приведенная масса годового выброса 250 тыс. усл.т./год, высота выброса 10 м, разность температур смеси и воздуха 260 градусов, скорость оседания частиц менее 1 см/с. Показатель относительной опасности выброса принять равным 8.

Охрана биосферы от ионизирующего излучения

Пример 1. Определить активность ^{137}Cs через сутки после выброса 20 г вещества. Период полураспада изотопа 30 мин.

Решение. Активность изотопа определяют по (1.5.5):

$$A = 0,2 \cdot 6,022 \cdot 10^{26} \cdot \ln 2 / (137 \cdot 30 \cdot 60) = 3,4 \cdot 10^{19} \text{ Бк}$$

Через сутки масса изотопа цезия будет

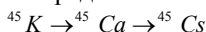
$$m = m_0 \cdot \exp(-kt); \quad m = m_0 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / T_{1/2})$$
$$m = 0,02 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot 24 \cdot 3600 / 30 \cdot 60) = 1 \cdot 10^{-12} \text{ кг}$$

Активность равна

$$A = 1,7 \cdot 10^{-12} \cdot 6,022 \cdot 10^{26} \cdot \ln 2 / 137 \cdot 30 \cdot 60 = 3,1 \cdot 10^9 \text{ Бк}$$

Пример 2. Рассчитать активность изотопов при выбросе 1кг калия ^{45}K через год после выброса. Периоды полураспада изотопов калия и кальция соответственно равны 20мин и 163сут.

Решение. Формальная схема радиоактивного распада:



Константы скорости реакций равны, $c : k = 1/t \cdot \ln(m_0 / m)$

$$k_1 = \ln 2 / (20 \cdot 60) = 5,8 \cdot 10^{-4}; \quad k_2 = \ln 2 / (163 \cdot 24 \cdot 3600) = 4,9 \cdot 10^{-8}$$

Количество изотопов калия и кальция через 1год после выброса (учитывая, что $k_1 \gg k_2$) определяем по (1.5.8):

$$(n - x) = 1 \cdot \exp(-5,8 \cdot 10^{-4} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600) = 10^{-7916} \text{ кг} \approx 0$$

Т.е. через год все ядра изотопа калия распались.

Число появившихся ядер рассчитывают по (5.6):

$$(x - y) = 1 \cdot \exp(-4,9 \cdot 10^{-8} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,2$$

Активность изотопа кальция, Бк

$$A = 0,21 \cdot 6,022 \cdot 10^{26} \ln 2 / (45 \cdot 163 \cdot 24 \cdot 3600) = 1,4 \cdot 10^{17}$$

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Определить активность изотопа ^{137}Cs при выбросе 0,5кг вещества. Период полураспада 29,9мин. Найти активность через 15сут после выброса.

Задача 2. Определить ПДС изотопа ^{131}Cs в реку. Период полураспада изотопа 9,69сут. Расход стока равен $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$, разбавление воды в реке – 10. Фоновая концентрация цезия равна 0, ПДК цезия в воде составляет 34000 Бк/л.

Задача 3. Рассчитать активность изотопов при выбросе 10кг ^{45}K через 5лет после выброса. Периоды полураспада изотопов калия и кальция соответственно 20мин и 163 сут.

Задача 4. Какую дозу излучения можно получить, если находиться на расстоянии 1м от источника излучения в течение 5мин. Энергия излучения $0,1 \text{ МэВ/распад}$, активность 10^{12} Бк . Считать, что площадь тела человека составляет $0,34 \text{ м}^2$.

Задача 5. Определить удельную активность ^{222}Ra через неделю после выброса. Выброс производится через организованный источник. Мощность выброса составляет 2 г/с , высота источника 10м, диаметр устья источника 0,5м, расход газовойоздушной смеси $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$, разность между температурой смеси и температурой воздуха 100°C , коэффициент оседания ве-

щества 1, коэффициент учета рельефа местности 1, коэффициент температурной стратификации атмосферы 180. период полураспада изотопа 3,8сут.

Задача 6. Определить ПДВ ^{222}Ra через организованный источник. Высота источника 15 м, расход газовой смеси 5 м³/с, разность между температурой смеси и температурой воздуха 25°C, коэффициент оседания вещества 1, коэффициент учета рельефа местности 1, коэффициент температурной стратификации атмосферы 180, диаметр устья источника 1м, фоновая концентрация равна 0, ПДК для загрязняющего вещества составляет 240Бк/м³.

Задача 7. В водохранилище сбрасывается сток, содержащий ^{131}Cs с периодом полураспада 10сут. Рассчитать НДС, если средняя глубина водоема 4м, расстояние от места сброса до контрольной точки отбора проб воды 100м, расход стока 10м³/ч, фоновая концентрация равна 0, ПДК для загрязняющего вещества составляет 34000 Бк/л.

Задача 8. Рассчитать активность изотопов при выбросе 50 г ^{137}Cs через 20сут после выброса. Периоды полураспада изотопов цезия, ксенона, йода соответственно 30мин, 6ч и 36сут.

Задача 9. Определить недельную дозу облучения, получаемую человеком при ежедневном нахождении вблизи источника радиоактивного излучения в течение 2с. Считать, что поглощается 20% всей энергии излучения, масса человека равна 70кг, период полураспада вещества 3дня, удельная энергия излучения 0,2МэВ/распад, активность составляет 100000Бк.

Задача 10. Найти период полураспада ^{45}K массой 100 г. Активность изотопа составляет 537 Ки.

Задача 11. В раствор хлористого трития с массовой долей 15 % поместили цинковый шарик массой 20 г. После того, как диаметр шарика стал вдвое меньше, массовая доля хлористого трития стала 10 %. Найти активность исходного раствора, если период полураспада трития равен 12,43 года.

Защита от шума

Пример 1. Уровни звукового давления, создаваемые источником шума на частотах $f_1 = 8000$ Гц и $f_2 = 4000$ Гц соответственно равны 81 и 84 дБ, допустимые уровни звукового давления соответственно 69 и 71 дБ.

Определим эффективность применения акустического экрана размерами $h \times l = 1 \times 1,5$ м, если экран установлен на расстоянии $a = 0,5$ м от источника шума, а расстояние от экрана до рабочего места $b = 1,5$ м.

Решение. 1. Определим коэффициент k , соответствующий частоте $f_1 = 8000$ Гц: $k_{8000} = 0,05 \cdot \sqrt[4]{\frac{h^2(l/b)^2}{1 + 4(a/h)^2}} = 0,05 \cdot \sqrt[4]{8000 \cdot \frac{1^2(1,5/1,5)^2}{1 + 4(0,5/1)^2}} = 3,76$

2. Методом интерполяции определим эффективность экрана на этой частоте: $\Delta L_{\text{э}8000} = 19,5$ дБ.

3. Уровень звукового давления на рабочем месте:

$\Delta L_{\text{р.м}8000} = \Delta L_{\text{э}8000} - \Delta L_{\text{э}8000} = 81 - 19,5 = 61,5$ дБ, что меньше $L_{\text{доп}8000} = 69$ дБ.

Аналогично получаем $k_{4000} = 2,66$, $\Delta L_{\text{э}4000} = 17$ дБ и $\Delta L_{\text{р.м}4000} = 67$ дБ, что меньше $L_{\text{доп}4000} = 71$ дБ.

1. Вывод: параметры акустического экрана необходимого для снижения уровня звукового давления выбраны верно.

Пример2. В лаборатории с размерами $a = 12$ м, $b = 6$ м, $h = 3$ м в которой нет окон установлено шумное оборудование, при работе которого в октавных полосах создаются следующие уровни звукового давления: $L_{63} = 74$ дБ; $L_{125} = 78$ дБ; $L_{250} = 81$ дБ; $L_{500} = 75$ дБ; $L_{1000} = 72$ дБ; $L_{2000} = 69$ дБ; $L_{4000} = 67$ дБ и $L_{8000} = 63$ дБ. Необходимо выбрать подходящий материал для звукопоглощающих облицовок и определить эффективность их применения в данном помещении.

Решение.

1. По ГОСТ 12.1.003-83 [17] определим допустимые уровни шума на рабочих местах лаборатории $L_{63} = 91$ дБ; $L_{125} = 83$ дБ; $L_{250} = 77$ дБ; $L_{500} = 73$ дБ; $L_{1000} = 70$ дБ; $L_{2000} = 68$ дБ; $L_{4000} = 66$ дБ и $L_{8000} = 64$ дБ. Делаем вывод, что на отдельных частотах происходит превышение уровня звукового давления на 1-4 дБ, необходимо применение ТВ помещении звукопоглощающих облицовок.

2. Найдем объем помещения: $V = a \cdot b \cdot h = 12 \cdot 6 \cdot 3 = 216 \text{ м}^3$.

3. Затем рассчитаем площадь ограждающих поверхностей помещения: $S = 2(a \cdot b + a \cdot h + b \cdot h) = 2(12 \cdot 6 + 12 \cdot 3 + 6 \cdot 3) = 252 \text{ м}^2$.

4. Определим постоянную акустически необработанного помещения для октавной полосы со средней геометрической частотой 63 Гц:

$B_{63} = B_{1000}\mu = 0,65 \text{ В}/10 = 0,65 \cdot 216/10 = 14,04 \text{ м}^2$.

Аналогично получим: $B_{125} = 13,39 \text{ м}^2$; $B_{250} = 13,82 \text{ м}^2$; $B_{500} = 16,2 \text{ м}^2$; $B_{1000} = 21,6 \text{ м}^2$; $B_{2000} = 32,4 \text{ м}^2$; $B_{4000} = 51,84 \text{ м}^2$; $B_{8000} = 90,72 \text{ м}^2$.

5. Эквивалентная площадь звукопоглощения для октавной полосы со средней геометрической частотой 63 Гц:

$$A_{63} = \frac{B \cdot S}{B + S} = \frac{14,04 \cdot 252}{14,04 + 252} = 13,3 \text{ м}^2$$

Аналогично получим для остальных октавных полос $A_{125} = 12,7 \text{ м}^2$; $A_{250} = 13,1 \text{ м}^2$; $A_{500} = 15,2 \text{ м}^2$; $A_{1000} = 19,9 \text{ м}^2$; $A_{2000} = 28,7 \text{ м}^2$; $A_{4000} = 43,0 \text{ м}^2$; $A_{8000} = 66,7 \text{ м}^2$.

6. Расстояние от источников шума, на котором уровень звукового давления отраженного звука равен уровню звукового давления прямого звука, излучаемого данными источниками:

$$r_{np} = 0,2 \sqrt{B_{8000} / n} = 0,2 \sqrt{90,72 / 4} = 0,95 \text{ м},$$

где $n = 4$ – число одинаковых источников шума в помещении.

7. Средний коэффициент звукопоглощения в помещении до его акустической обработки для октавной полосы со средней геометрической частотой 63 Гц:

$$\alpha_{63} = B_{63}/(B_{63} + S) = 14,04/(14,04 + 252) = 0,053.$$

Аналогично выполнив расчеты для остальных октавных полос, получим: $\alpha_{125} = 0,05$; $\alpha_{250} = 0,052$; $\alpha_{500} = 0,06$; $\alpha_{1000} = 0,079$; $\alpha_{2000} = 0,114$; $\alpha_{4000} = 0,171$, $\alpha_{8000} = 0,265$.

8. Эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностями, не занятыми звукопоглощающей облицовкой, для октавной полосы со средней геометрической частотой 63 Гц:

$$A_{I\ 63} = \alpha_{63} (S - S_0) = 0,053(252 - 180) = 3,8 \text{ м}^2,$$

где $S_0 = 180 \text{ м}^2$ – площадь облицованных поверхностей при полной облицовке стен и потолка.

Для остальных октавных полос аналогично получим: $A_{I\ 125} = 3,6 \text{ м}^2$;

$$A_{I\ 250} = 3,7 \text{ м}^2; A_{I\ 500} = 4,3 \text{ м}^2; A_{I\ 1000} = 5,7 \text{ м}^2; A_{I\ 2000} = 8,2 \text{ м}^2;$$

$$A_{I\ 4000} = 12,3 \text{ м}^2; A_{I\ 8000} = 19,1 \text{ м}^2.$$

9. Суммарная дополнительная площадь звукопоглощения от конструкции звукопоглощающей облицовки для октавной полосы со средней геометрической частотой 63 Гц: $\Delta A_{63} = \alpha_{0\ 63} S_0 = 0,21 \cdot 180 = 37,8 \text{ м}^2$,

где $\alpha_{0\ 63} = 0,21$ - коэффициент звукопоглощения перфорированных панелей толщиной 3 см с асбестовой ватой толщиной 6 мм внутри (значения α_0 для остальных октавных полос указаны в табл. 2).

Аналогично получим для остальных октавных полос: $\Delta A_{125} = 93,6 \text{ м}^2$; $\Delta A_{250} = \Delta A_{500} = 97,2 \text{ м}^2$; $\Delta A_{1000} = 90 \text{ м}^2$; $\Delta A_{2000} = 73,8 \text{ м}^2$; $\Delta A_{4000} = 59,4 \text{ м}^2$; $\Delta A_{8000} = 57,6 \text{ м}^2$.

10. Средний коэффициент звукопоглощения акустически обработанного помещения в октавной полосе со средней геометрической частотой 63 Гц: $\alpha_{1\ 63} = (A_{I\ 63} + \Delta A_{63})/S = (3,8 + 37,8)/252 = 0,165$.

Аналогично рассчитаем α_1 для остальных октавных полос:

$\alpha_{1\ 125} = 0,386$; $\alpha_{250} = 0,4$; $\alpha_{1\ 500} = 0,403$; $\alpha_{1\ 1000} = 0,38$; $\alpha_{1\ 2000} = 0,325$; $\alpha_{1\ 4000} = 0,285$ и $\alpha_{1\ 8000} = 0,304$.

11. Постоянная помещения после его облицовки звукопоглощающими материалами для октавной полосы со средней геометрической частотой 63 Гц: $B'_{63} = (A_{I\ 63} + \Delta A_{63}) / (1 - \alpha_{1\ 63}) = (3,8 + 37,8) / (1 - 0,165) = 49,8 \text{ м}^2$.

Аналогично рассчитаем B' для остальных октавных полос: $B'_{125} = 158,3 \text{ м}^2$; $B'_{250} = 168,2 \text{ м}^2$; $B'_{500} = 170 \text{ м}^2$; $B'_{1000} = 154,4 \text{ м}^2$; $B'_{2000} = 121,5 \text{ м}^2$; $B'_{4000} = 100,3 \text{ м}^2$; $B'_{8000} = 110,2 \text{ м}^2$.

12. Максимальное снижение уровня звукового давления в октавной полосе со средней геометрической частотой 63 Гц при использовании звукопоглощающих покрытий в расчетной точке, расположенной в зоне отраженного звука (на расстоянии от источников шума, превышающем 0,95 м),

$$\Delta L_{63} = 10 \lg(B'_{63}/B_{63}) = 10 \lg(49,8/14,04) = 5,5 \text{ дБ.}$$

Аналогично получим для остальных октавных полос: $\Delta L_{125} = 10,7 \text{ дБ}$; $\Delta L_{250} = 10,9 \text{ дБ}$; $\Delta L_{500} = 10,2 \text{ дБ}$; $\Delta L_{1000} = 8,5 \text{ дБ}$; $\Delta L_{2000} = 5,7 \text{ дБ}$; $\Delta L_{4000} = 2,8 \text{ дБ}$; $\Delta L_{8000} = 0,8 \text{ дБ}$.

13. Определим достигнутые в результате применения облицовки лаборатории звукопоглощающим материалом уровни звукового давления по октавным полосам, результаты занесем в таблицу 33.

Таблица 33

Уровни шума на рабочих местах лаборатории

Уровень шума	Уровень звукового давления							
	3	1 25	2 50	5 00	1 000	2 000	4 000	8 000
Достигнутый	8,5	7,3	0,1	4,8	3,5	3,3	4,2	2,2
Допустимый	1	3	7	3	0	8	6	4

14 Вывод: В результате применения в качестве облицовочной поверхности перфорированных панелей толщиной 3 см с асбестовой ватой толщиной 6 мм внутри при полной облицовке стен и потолка на всех октавных частотах произошло снижение уровня шума, что свидетельствует об эффективности применения звукопоглощающей облицовки данного вида.

Пример 3. Определить, превышает ли уровень шума в помещении $L_{\text{п}}$ после установки вентиляционной установки на пружинные виброизоляторы допустимый уровень звукового давления $L_{\text{доп}} = 60 \text{ дБА}$. Установленный за пределами производственного помещения центральный вентилятор серии Ц4-70 № 8 создает уровень звукового давления $L = 104 \text{ дБА}$. Частоты вращения колеса вентилятора и вала электродвигателя одинаковые: 960 мин^{-1} . Масса вентилятора с электродвигателем и рамой $m_0 = 376 \text{ кг}$. Масса 1 м^2 стены толщиной в половину кирпича, за которой находится установка, принять равной $208,5 \text{ кг}$.

Решение.

1. Для вентилятора с частотой вращения более 800 мин^{-1} требуемая эффективность виброизоляции $\Delta L_{\text{т}} = 26 \text{ дБА}$ (табл. 4).

2. Расчетная частота возбуждающей силы

$$f_{\text{в}} = n_{\text{в}} / 60 = 960 / 60 = 16 \text{ Гц.}$$

3. Методом интерполяции определим отношение C расчетной частоты возбуждающей силы $f_{\text{в}}$, к предельно допустимой частоте собственных вертикальных колебаний $f_{\text{од}}$ виброизолированной установки: $C = 4,44$.

4. При этом значении параметра C вычислим предельно допустимую частоту: $f_{\text{од}} = f_{\text{в}} / C = 16 / 4,44 = 3,6 \text{ Гц}$.

5. Требуемая общая масса виброизолированной установки:

$$m_{\text{т}} \geq 2,5 m_{\text{в}} / A_{\text{д}} = 2,5 \cdot 0,2 \cdot 78 / 0,106 = 367,9 \text{ кг,}$$

где $\varepsilon = 0,2$ мм — эксцентриситет вращающихся частей установки при ее динамической балансировке, мм; $m_b = 78$ кг — масса вращающихся частей установки.

Проверим соблюдение условия $m_0 \geq m_r$. Так как $376 \text{ кг} > 367,9 \text{ кг}$, то условие выполняется.

6. Принимая число виброизоляторов $n_b = 4$ и число пружин в одном виброisolляторе $x=2$, определим статическую нагрузку на одну пружину:

$$P_c = 9,81 m_0 / (n_b x) = 9,81 \cdot 376 / (4 \cdot 2) = 461,07.$$

Расчетная максимальная нагрузка на одну пружину:

$$P_{p \max} = P_c + 0,006 f_B^2 A_d P_c = 461,1 + 0,006 \cdot 16^2 \cdot 0,106 \cdot 461,1 = 536,2 \text{ Н},$$

где $A_d = 0,106$ мм — рассчитанная с использованием интерполяции максимально допустимая амплитуда смещения центра тяжести установки.

7. Требуемая суммарная жесткость виброизоляторов в вертикальном направлении:

$$\Sigma K_B = 39,48 f_{0d}^2 m_0 = 39,48 \cdot 3,6^2 \cdot 376 = 192384,5 \text{ Н/м}.$$

8. Требуемая жесткость одной пружины в продольном направлении

$$K_{TP} = \frac{\Sigma K_B}{n_b x} = 192384,5 / (4 \cdot 2) = 24048,1 \text{ Н/м}$$

9. В качестве опорных примем пружины марки ДО-41 (см. табл. 5), для которых проверим соблюдение условий:

$$P_{T \max} = 550 \text{ Н} \geq P_{p \max} = 536,2; K_T = 1,26 \text{ Н/м} \leq K_{TP} = 24048,1 \text{ Н/м};$$

10. После монтажа вентиляционной установки на виброизолирующие опоры уровень шума в помещении:

$$L_{\Pi} = L - \Delta L - (23 \cdot 1g Q - 9) = 104 - 26 - (23 \cdot 1g 208,5 - 9) = 33,7 \text{ дБ}, \text{ что меньше допустимого уровня звукового давления } L_{\text{доп}} = 60 \text{ дБА}.$$

Следовательно, применение пружинных виброизоляторов позволит снизить уровень звукового давления на $70,3$ дБА.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.

Расчёт точечным методом освещения помещения

Рассчитать точечным способом общее искусственное освещение в производственном помещении с шагом ферм 6 м необходимо обеспечить на уровне пола освещенность 50 лк при коэффициенте запаса $1,5$. Светильники типа РСП05 установлены на высоте 12 м. (рис 14.1)

Решение. Выбираем контрольную точку А, как находящуюся в наиболее неблагоприятных условиях с точки зрения её освещенности и опреде-

ляем расстояния от проекции светильников на плоскость до этой точки (они указаны на рис. 14.1).

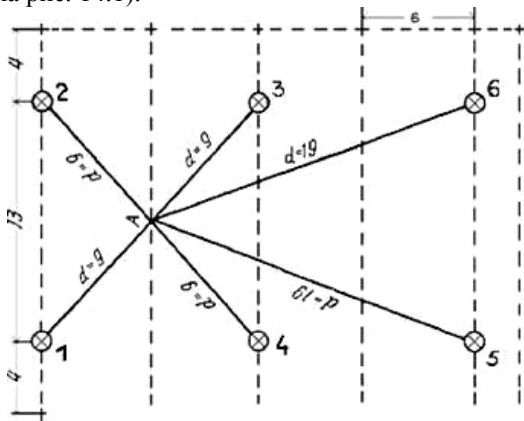


Рисунок 14.1 Освещение горизонтальной плоскости

В точке А основная освещенность создается светильниками двух групп - первая групп - 4 светильника, находящиеся на расстоянии 9 м и вторая - 19 м (в проекции). Расстояния были вычислены из геометрических размеров, данных в условии (высота подвеса светильников d = 12 м и расстояние между фермами - 6 м).

Далее находим условную освещенность, создаваемую светильниками каждой из групп, используя данные приложения 52. Для высоты 12 м и расстояния 9 м условная освещённость $e_{100} = 0,37$, угол $\alpha = 37^\circ$, сила света для светильников с кривой силы света Г-1 под углом 37° составит (из приложения 55) $I_\alpha = 284$

Для другой группы светильников (на расстоянии 19м) эти же параметры будут равны $e_{100} = 0,105$; $I_\alpha = 160$.

Заносим эти данные в табл.34

Таблица 34

Расчёт суммарной условной освещенности

Число светильников N, шт	Расстояние, d, м	Условная освещенность e_{100} , ЛК	Угол α°	Сила света I_α	$e = e_{100} I_\alpha / 100$	N e
4	9	0,37	37°	284	1,02	4,1
2	19	0,105	58°	160	0,17	0,34
						$\Sigma=4,44$

Теперь эти данные подставляем в формулу для расчёта светового потока лампы:

$$F = \frac{1000 * E * K_c}{\eta_{\cup} * \mu * \Sigma e}$$

где $\eta_{\cup}$ - КПД светильника в нижнюю полусферу (по приложению 56 равен 70%)

μ - коэффициент неравномерности распределения светового потока ($\mu = 1,15$).

$$F = \frac{1000 * 50 * 1,5}{0,7 * 1,15 * 4,44} = 21000 \text{ лм}$$

Таким потоком обладают лампы ДРЛ мощностью 400 Вт (19000 лм), которые необходимо будет использовать в данном светильнике.

Библиографический список

1. Конституция Российской Федерации.: официальный текст - М.: Омега - Л, 2006. - 38 с. - (Библиотека российского законодательства)
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01. 2002 года № 7-ФЗ. – «Российская газета» № 6, 12.01.2002 г.
3. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 года № 116 -ФЗ. – «Парламентская газета» № 2, 2006 г.
4. *Королев, В.А.* Мониторинг геологической среды: учебник / В.А. Королев; под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.
5. *Лужин, О.В.* Обследование и испытание сооружений/ О.В. Лужин. А.Б. Злочевский. – М.: Стройиздат, 1987. – 264 с.
6. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений/ НИИОСП им. Герсевича. – М.: Стройиздат, 1975.
7. Руководство по эксплуатации строительных конструкций производственных зданий промышленных предприятий/ ЦНИИПромзданий. – М.: ГП «Информрекламиздат», 1995.
8. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. – Киев: Вища школа, 1976. – 184с.
9. Налимова В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 284с.
10. Медоуз Д.Л. Системное поведение «мания» - структура и загрязнение окружающей среды // Зелёный мир. – 1992. – N 11, 12. – С. 8 – 10.
11. Тарасова Н.П. Экология: глобальные проблемы современности // Зелёный мир. – 1992. – N 9, 10. – С. 8 – 9.
12. Лихачев Н.Н. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1981. – С. 24 – 40.
13. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений. – М.: 1988. – 64с.
14. Новиков Г.В., Дударев А.Я. Санитарная охрана окружающей среды современного города. – Л.: Медицина, 1978. – 216с.
15. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД – 86). – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 93с.
16. Быстров А.С. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных меро-

приятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986. – 96с.

17. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества / В.А.Баженов, И.Я.Булгаков, В.Ф.Василенко и др. – Л.: Химия, 1990. – 464с.

18. Методические указания по определению эколого-экономической эффективности технологических процессов и производств в дипломных проектах и работах. – М.: МХТИ, 1985. – 48с.

19. Лопанов А.Н., Климова Е.В. Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности. Учебное пособие. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2009. – 201 с.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО

ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ

УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»

(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Институт строительного материаловедения и техносферной безопасности

Кафедра безопасности жизнедеятельности

КУРСОВАЯ РАБОТА

на тему:

**Расчет предельно допустимых выбросов и оценка экономиче-
ского ущерба от загрязнения атмосферы**

Студент: _____ Сидоров А.П.
Рук. Курсовой работы: _____ Климова Е.В.

Белгород 2012

Пример составления реферата

Реферат

к курсовой работе

**Анализ экономической эффективности одноцелевого
мероприятия по защите биосферы**

Текст 100 с., 20 рис., 5 табл., 30 источников, 6 прил.

МОДЕЛЬ, СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ,
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ЦЕХА
«ЛЕБЕДИНСКИЙ ГОК», ЗАЩИТА В ЧС,

В работе сформулированы основные подходы к разработке модели безопасности жизнедеятельности «Лебединского горно-обогатительного комбината». Разработаны основные критерии системы безопасности и функционирование предприятия в режиме ЧС.

The abstract

To the degree project

Industrial safety in shop of technological transport « Lebedinsky of GOK »

Note memorandum 100 p., 20 illustrations, 5 tables, 30 sources, 6 appendixes.

MODEL, SYSTEM OF SAFETY OF ABILITY TO LIVE, INDUSTRIAL
SAFETY OF TRANSPORT SHOP « LEBEDINSKY OF GOK »,
PROTECTION IN SS,

In work the basic approaches to development of model of safety of ability to live «Lebedinsky of ore dressing combine» are formulated. The basic criteria of system of safety and functioning of the enterprise in a mode of special situations are developed.

Приложение 3

Примеры библиографического описания документов (ГОСТ 7.60-2003)

Книги и отдельные издания

Без автора	Безопасность жизнедеятельности: учеб. / под ред. С.В. Белова. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. – 606 с.
1 автор	<i>Глебова, Е.В.</i> Производственная санитария и гигиена труда: учеб. пособие для вузов / Е.В. Глебова. – М.: Высш. шк., 2007. – 382 с. ISBN
2 или 3 автора	<i>Измеров, Н.Ф.</i> Человек и шум / Н.Ф. Измеров, Г.А. Суворов, Л.В. Прокопенко. – М.: Геотар – Мед, 2001. – 380 с.
4 автора	Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. пособие для вузов/ П.П.Кукин, В.Л.Лапин, Н.Л.Пономарев и др. – 4-е изд., перераб. М.:Высш. Шк., 2007. – 335с.
5 авторов и более	Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для вузов / С.В. Белов, В.А.Девисилов, А.В. Ильницкая и др.; Под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк., 2007. – 616 с. ISBN
Многотомное издание	<i>Корольченко, А.Я.</i> Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения/ А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко Справочник.: в 2-х ч.– 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч.1. – 713с.
Диссертация	<i>Климова, Е.В.</i> Улучшение условий и охраны труда работников карьеров агропромышленного комплекса: дис.... канд. техн. наук: 05.26.01: защищена 20.10.06: утв. ... / Климова Елена Владимировна – Орел: ВНИИ охраны труда Министерства сельского хозяйства РФ, 2006. – 129 с. – 02032025170310
Автореферат диссертации	<i>Староверов, С.В.</i> Совершенствование методики расчета систем централизованной вакуумной пылеуборки для литейных цехов предприятий машиностроения: Автореф. дис...канд. техн. наук/ С.В.Староверов; Донской государственный технический университет.- Ростов-на-Дону,

	2005. – 23с.
Патентные документы	Патент № 61266 Российская Федерация, МПК 7 В 65 G 21/00. Аспирационное укрытие / Минко В.А., Овсянников Ю.Г., Стрелкина Т.П., Минасян А.Г., Лапин О.Ф.; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2006126349/22; заявл. 20.07.06; опубл. 27.02.07, Бюл. № 6.....с А.С.
Нормативно-технические документы	ГОСТ 12.1.012 – 90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования». – М.: Изд-во стандартов, 1990.

Статьи из журналов

1 автор	<i>Шлыков, В.Н.</i> Риск как показатель производственного травматизма / В.Н. Шлыков // Безопасность жизнедеятельности. – 2008. – № 5. – С. 8–14.
2 и более авторов	<i>Василевский М.В.</i> Обеспыливание воздуха циклонами в аспирационных сетях / М.В. Василевский, Е.Г. Зыков, А.С. Разва, В.С. Логинов // Безопасность жизнедеятельности . – 2008. – № 2. – С. 2–6.

Статьи из книг и сборников трудов

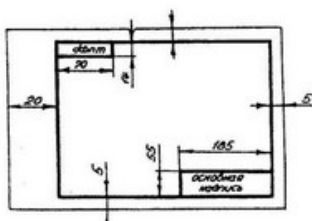
1 автор	<i>Овсянников, Р.Ю.</i> К расчету объемов аспирации сложных технологических переделов механической переработки сыпучих материалов/ Р.Ю. Овсянников//Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии: Сб. докл. междунар. науч.-практич. конф.. – Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2007 – Ч.5. – С.117-119
2 или 3 автора	<i>Нехорошев С.В.</i> Основные источники пылевыведения при производстве извести / С.В. Нехорошев, Е.И. Богуславский // Строительство-2008:

	Материалы Междунар. науч.-практ. конф. - Ростов на/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2008. – С. 320-321 с.
4 автора	Радиационно-защитные полимерные композиции/В.И.Павленко, Р.Н.Ястребинский, О.Д.Едаменко, П.В.Матюхин// Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии:Сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф.. – Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2007 – Ч.5. – С.148-150
5 авторов и более	Смесители для получения бетонных и растворных смесей/И.А.Семикопенко, А.Н.Масловская, П.П.Пензев и др.//Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. науч.тр./БГТУ им. В.Г.Шухова. – Белгород:изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2008. – Вып.VII. – С.87-!!!!
Электронные ресурсы	Кальнинь, И.М. Энергосберегающие экологически чистые технологии теплоснабжения производственных и жилых помещений [Электронный ресурс]: Статья / И.М.Кальнинь, Л.Я. Лазарев, А.И. Савицкий. – М.: НПФ «ЭКИП», 1998. – Режим доступа: http://ekiptnu.ru/doc.1.shtml .

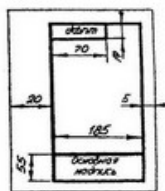
Приложение 4

Штамп чертежа, рамки чертежей

Размеры форматов листов чертежей определены ГОСТ 2.104 — 68. Чертеж имеет штамп в соответствии с рисунком 1. Левое поле чертежа используется для брошюровки в альбом. Первый лист чертежа сопровождается штампом чертежа в соответствии с рисунком 2 (ГОСТ 2.104 — 68 форма 1).



Ф А3 297 x 420



Ф А4 210 x 297

Рисунок 1



Рисунок 2

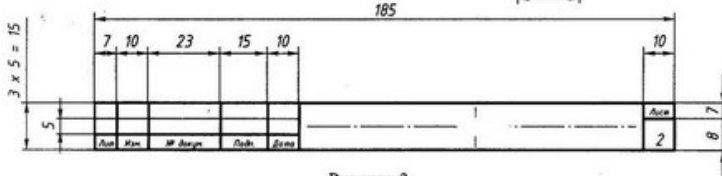


Рисунок 3

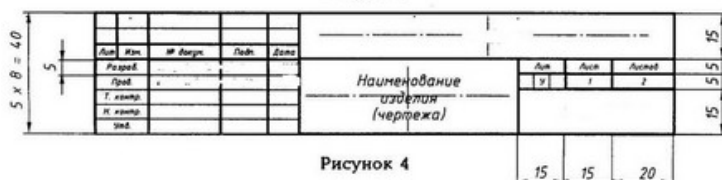


Рисунок 4

Если чертеж выполнен на двух листах, то второй лист сопровождается штампом в соответствии с рисунком 3 (ГОСТ 2.104 — 68 форма 2а). Для выполнения спецификации применяют штамп в соответствии с рисунком 4 (ГОСТ 2.104 — 68 форма 2). Штамп чертежа располагают в правом нижнем углу формата. На листе формата А4 основную штамп чертежа располагают только вдоль короткой стороны формата. При выполнении чертежей, если в задании не указан масштаб, выбирать самостоятельно, согласно ГОСТ 2.302 — 68.

Учебное издание

МОНИТОРИНГ И ЭКСПЕРТИЗА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Методические указания к выполнению практических и курсовых работ по дисциплине «Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности» для студентов направления 280700 «Техносферная безопасность»

Составители: Лопанов Александр Николаевич
Климова Елена Владимировна

Подписано в печать 03.08.07 Формат 60х84/16. Усл. печ. л. 2,0. Уч.-изд.
л. 2,1.

Тираж 60 экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом универси-
тете

им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46