

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

И. Ж. Титаренко

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность

Калининград
2022

Рецензент

кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» Н. А. Евдокимова

Титаренко, И. Ж. Медико-биологические основы безопасности: учеб.-методич. пособие по практическим занятиям для студ. бакалавриата по напр. подгот. 20.03.01 Техносферная безопасность / **И. Ж. Титаренко.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 61 с.

В учебно-методическом пособии содержатся указания по подготовке к практическим занятиям по разделам дисциплины «Медико-биологические основы безопасности», включающие методические рекомендации по выполнению заданий, примеры выполнения заданий (вопросы к семинарскому занятию), задания для самостоятельной работы по каждой теме, тесты (вопросы) для самоконтроля, рекомендуемая литература.

Рис. – 2, табл. 35, список лит. – 8 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по практическим занятиям. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «25» октября 2022 г., протокол № 7

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Практическое занятие 1: Определение значения риска при ошибочных действиях оператора технических систем.....	6
Практическое занятие 2: Идентификация вредных факторов и оценка симптомов утомления на рабочем месте пользователя ПЭВМ.....	12
Практическое занятие 3: Вредные вещества, воздействие и нормирование...22	
Практическое занятие 4: Общие методические требования к организации и проведению контроля содержания АПФД в воздухе рабочей зоны.....	31
Практическое занятие 5: Определение содержания пыли в воздухе рабочей зоны.....	34
Практическое занятие 6: Оценка потенциальной опасности химических веществ.....	44
Практическое занятие 7: Установление ПДК расчетным методом.....	51
Текущий контроль.....	59
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	60

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Медико-биологические основы безопасности» является ознакомление студентов с теорией и практикой взаимодействия организма с окружающей средой.

Задачи дисциплины «Медико-биологические основы безопасности»: освоение базисных основ о принципах их санитарно-гигиенического нормирования; формирование знаний о механизмах медико-биологического взаимодействия организма человека с факторами среды обитания; получение представлений о последствиях воздействия травмирующих, вредных и поражающих факторов.

Целью практикума является формирование системы знаний по медико-биологическим основам безопасности.

Задачами практикума являются:

- изучение понятийного аппарата медико-биологических основ безопасности;
- изучение методов и средств обеспечения медико-биологической безопасности;
- овладение навыками нормирования вредных и опасных факторов окружающей среды.

В результате освоения заданий практикума студент должен

знать:

- концептуальные основы токсикологии;
- общие закономерности воздействия факторов среды обитания на здоровье;
- основные профессиональные и общие болезни;
- задачи и принципы гигиенического нормирования опасных и вредных факторов;

уметь:

- измерять, оценивать, объяснять основные закономерности формирования и регуляции физиологических функций организма, подвергающегося воздействию различных неблагоприятных факторов среды обитания, комбинированное действие нескольких вредных веществ, сочетанное действие на человека вредных веществ и физических факторов (шум, вибрация, ЭМП и т.д.);

владеть:

- навыками использования нормирования вредных и травмоопасных факторов в конкретных условиях производства, быта и иных видов среды обитания для сохранения и поддержания здоровья человека.

Учебно-методическое пособие состоит из:

введения, где указаны: дисциплина учебного плана, для изучения которой оно предназначено; цели и задачи дисциплины; цели и задачи практикума; требования к знаниям, умениям и навыкам, которыми должен овладеть студент после выполнения заданий практикума;

основной части, которая содержит тему и цель каждого практического занятия, методические рекомендации по выполнению заданий, примеры выполнения заданий (вопросы к семинарскому занятию), задания для самостоятельной работы по каждой теме, тесты (вопросы) для самоконтроля; виды текущего контроля, последовательности его проведения, критерии и нормы оценки (отметки) выполнения практических заданий;

списка рекомендуемых источников.

Практическое занятие 1

Тема: Определение значения риска при ошибочных действиях оператора технических систем

Цель: овладение знаниями, умениями определения значения риска при ошибочных действиях оператора

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к выполнению задания рекомендуется изучение соответствующих тем [1, 3, 4].

В тех случаях, когда негативное воздействие на среду обитания (техносферу) достигает чрезмерных значений (например, при авариях), в качестве критерия безопасности принимают допустимую вероятность (риск) возникновения события.

Риск – вероятность реализации негативного воздействия в зоне пребывания человека.

Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации технических систем и технологий оцениваются на основе теоретических исследований или статических данных.

Анализ ошибок персонала при управлении технической системой и в определенных условиях (вид работы) включает определение цели; идентификацию вида потенциальной ошибки; идентификацию последствий; идентификацию возможности исправления ошибки; идентификацию причины ошибки; выбор метода предотвращения ошибки; оценку вероятности ошибки; оценку вероятности исправления ошибки; расчет риска и сравнение с величиной приемлемого риска; выбор путей снижения риска.

Ошибки, совершаемые операторами технических систем, приводят к авариям (пожары, взрывы, механические повреждения, выбросы токсичных химических веществ, проливы химически вредных и пожароопасных жидкостей и т.д.), несчастным случаям (травмы, летальные исходы и т.д.), катастрофам.

Все совершаемые ошибки классифицированы.

В данном практическом занятии расчет риска производится на основании возможных видов потенциальных ошибок, совершаемых операторами, и причин ошибок (таблица 1.1 и таблица 1.2), ориентировочных значений вероятности ошибок оператора и ориентировочных значений вероятности исправления ошибок оператора (таблица 1.3 и таблица 1.4).

Для сравнительной оценки значение риска (R) определяется по формуле (1.1):

$$R = P_{\text{он}} (1 - P_{\text{ис}}) U, \quad (1.1)$$

где $P_{\text{он}}$ – вероятность ошибки оператора; $P_{\text{ис}}$ – вероятность исправления ошибки оператора; U – величина, измеряющая последствия ошибки.

Таблица 1.1 – Гипотетическая классификация видов потенциальных ошибок

Номер по классификатору	Виды потенциальных ошибок
Д 1	Пропуск действия
Д 2	Неправильное действие
Д 3	Действие в неправильном направлении
Д 4	Много действий
Д 5	Мало действий
Д 6	Неправильные действия на правильную цель
Д 7	Правильные действия на неправильную цель
Д 8	Преждевременное действие
Д 9	Запоздалое действие
Д 10	Слишком длительное действие
Д 11	Слишком короткое действие
Д 12	Неправильный порядок действия
Д 13	Вредное дополнительное действие

Таблица 1.2 – Гипотетическая классификация причин ошибок

Номер по классификатору	Причины ошибок	Действующие факторы
П 1	Инструкция	Внешние факторы
П 2	Информация	
П 3	Организация	
П 4	Эргономика	
П 5	Условия работы	
П 6	Постановка цели	
П 7	Опыт	Внутренние факторы
П 8	Умение	
П 9	Знания	
П 10	Мотивация	
П 11	Психологическое напряжение	Факторы стресса
П 12	Физиологическое напряжение	

Показатели вероятности ошибки оператора ($P_{он}$) и вероятности исправления ошибки ($P_{ис}$) при различных условиях эксплуатации технических систем представлены в таблице 1.3 и таблице 1.4.

Таблица 1.3 – Гипотетическая классификация ориентировочных значений вероятности ошибок оператора

Номер по классификатору	Ориентировочное значение вероятности ошибки оператора $P_{он}$	Рутинная работа	Наличие инструкций	Наличие стресса	Новая ситуация
В 1	0,0001...0,001	Да	Да	Нет	Нет
В 2	0,0011...0,005	Да	В неполном объеме	Небольшой	Нет
В 3	0,0051...0,01	Да	В неполном объеме	Некоторый	Нет
В 4	0,011...0,05	Нет	Нет	Некоторый	Нет
В 5	0,051...0,5	Нет	Нет	Да	Нет
В 6	0,51...1,0	Нет	Нет	Да	Да

Таблица 1.4 – Гипотетическая классификация ориентировочных значений вероятности исправления ошибок оператора

Номер по классификатору	Ориентировочное значение вероятности исправления ошибки оператора $P_{ис}$	Исправление ошибки (характеристика)
И 1	0,5	Весьма вероятное
И 2	0,2	Вероятное
И 3	0,1	Возможное
И 4	0,01	Невероятное
И 5	0,001	Весьма невероятное
И 6	0	Невозможное
И 7	0,95...1	С помощью системы защиты
И 8	0	Невозможное из-за отсутствия времени

Величина, измеряющая последствия ошибки, выбирается по принятым на данном предприятии критериям (например, по числу летальных исходов, по денежному эквиваленту последствий, по времени простоя технических систем в результате допущенной ошибки и т.д.).

При этом для каждого критерия устанавливается подходящая шкала измерения (например, $U = 1...10$; $U = 1...100$ и т.д.).

В настоящем практическом занятии принятая величина оценивается по денежному эквиваленту последствий по шкале $U = 1 \dots 100$ условных единиц.

После проведения расчета значения риска выбирают метод снижения ошибок согласно заданным причинам ошибок (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Методы снижения риска

Причины ошибок	Методы снижения риска
Инструкция	Соблюдение технологических инструкций, повышение квалификации
Информация	Световая сигнализация, звуковая сигнализация
Организация	Управление обслуживающим персоналом; создание рациональной организации работы коллектива; изменение функциональных обязанностей обслуживающего персонала
Эргономика	Организация рабочего места; кресло оператора; рациональное размещение устройств стенда; замена органов управления более эргономичными
Условия работы	Снижение шума; установка вентиляции; снижение электромагнитных полей; изменение системы освещения
Постановка цели	Проведение инструктажа непосредственным руководителем работ с четким разъяснением основных этапов работы
Опыт	Обучение персонала; периодический контроль со стороны инструктора; изменение штатного расписания на работника более высокой квалификации
Умение	Регулярное обучение оператора
Знания	Проведение обучения оператора с использованием тренажеров; проведение деловых игр, повторяющих различные нестандартные ситуации
Мотивация	Высокие материальные издержки в случае ошибочных действий; высокий уровень ответственности оператора при работе с технической системой
Психологическое напряжение	Рациональный режим труда и отдыха; длительный отдых; медицинский осмотр
Физиологическое напряжение	Ритмичный режим работы; рациональный режим труда и отдыха

В настоящее время сложилось представление о величинах приемлемого риска и неприемлемого риска:

- зона неприемлемого риска $R_{п.р.} > 10^{-3}$;
- переходная зона $10^{-6} < R_{п.р.} < 10^{-3}$;
- зона приемлемого риска $R_{п.р.} < 10^{-6}$.

Получив расчетным путем величину риска технического объекта, производится определение, в какой зоне находится эта величина и заносится в таблицу 1.6.

Таблица 1.6 – Результаты анализа ошибок оператора

Форма анализа	Вид события и гипотетический номер по классификатору
Вид потенциальной ошибки	
Причина ошибки	
Значение вероятности ошибки, $P_{оп}$	
Значение вероятности исправления ошибки, $P_{ис}$	
Значение эквивалента последствий, U	
Величина риска (R) и зона риска	
Метод снижения риска	

Зная значение риска (R), выбирают метод снижения риска согласно заданным причинам ошибок (таблица 1.5).

Результат анализа ошибок оператора, согласно варианту, представляется в таблице 1.6.

2. Примеры выполнения заданий

Получить у преподавателя вариант по таблице вариантов. Ознакомиться с методикой. Составить таблицу анализа ошибок оператора (см. таблицу 1.6) и внести все данные согласно варианту и условиям эксплуатации технической системы (таблицы 1.1; 1.2; 1.3; 1.4). Произвести расчет значение риска, используя исходные данные варианта по формуле (1.1) и привести методику расчета.

Сравнить полученное значение риска с величиной приемлемого риска и внести в таблицу 1.6

$R > R_{п.р.}$, зона неприемлемого риска;

$R \leq R_{п.р.} < R$, переходная зона;

$R \leq R_{п.р.}$, зона приемлемого риска.

Запись производится в конкретных цифрах.

Привести методы снижения риска (см. таблицу 1.5) и внести в таблицу 1.6. Сделать вывод, оценив вероятность реализации события в зависимости от зоны риска.

3. Задания для самостоятельной работы

Вариант определяется преподавателем – см. табл. 1.7.

Таблица 1.7 – Варианты заданий по практической работе

№ варианта	Вид технической системы	Вид потенциальных ошибок	Причины ошибок	Значение вероятности ошибок, $P_{оп}$	Значение вероятности исправления ошибок, $P_{ис}$	Значение эквивалента последствий, U
1	2	3	4	5	6	7
01	ПЭВМ	Пропуск действия	Эргономика	0,00008	0,4	4
02	Автоматическая линия	Неправильное действие	Опыт	0,25	0,2	10
03	Криогенный резервуар	Преждевременное действие	Организация	0,001	0,1	2
04	Установка для тестирования кварцевого будильника	Пропуск действия	Физиологическое напряжение	0,001	0,5	15
05	Установка для тестирования блока управления асинхронным электродвигателем	Неправильное действие	Психологическое напряжение	0,0006	0,2	2
06	Токарный станок с ЧПУ	Действие в неправильном направлении	Информация	0,000075	0,95	5
07	Пульт управления прокатным станом	Много действий	Условия работы	0,0005	0,8	3
08	Установка для тестирования декодера	Слишком длительное действие	Эргономика	0,000003	0,6	5
09	Стенд для тарировки блока электрической тензометрии	Слишком короткое действие	Организация	0,01	0,01	10
10	Стенд тестирования блока усилителя низкой частоты	Действие в неправильном направлении	Знания	0,01	0,1	35
11	Гусеничный трактор	Мало действий	Умение	0,0004	0,5	3
12	Стенд исследования турбин	Неправильные действия на правильную цель	Знания	0,9	0,95	30

4. Вопросы для самоконтроля

- 1) Что является критерием безопасности в случаях, когда негативное воздействие на среду обитания (техносферу) достигает чрезмерных значений?
- 2) Дайте определение риска.
- 3) Как оценить вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации технических систем?
- 4) Порядок анализа ошибок персонала при управлении технической системой.
- 5) Определение приемлемого и неприемлемого риска.

Практическое занятие 2

Тема: Идентификация вредных факторов и оценка симптомов утомления на рабочем месте пользователя ПЭВМ

Цель: освоение порядка идентификации вредных факторов и оценка симптомов утомления на рабочем месте пользователя ПЭВМ

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучение соответствующих тем [1, 4].

Эксплуатация современного оборудования (ПЭВМ) и технологического процесса на этом оборудовании (разработка, отладка и реализация программного продукта на ПЭВМ) сопровождаются возникновением травмирующих и вредных производственных факторов.

Травмирующий (травмоопасный) фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит или может привести к травме или летальному исходу.

Вредный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит или может привести к ухудшению самочувствия или заболеванию.

На рисунке 2.1 представлена структурная схема связи ПЭВМ – программный продукт – пользователь.

Особенностью связи ПЭВМ – программный продукт – пользователь является действие травмоопасных и вредных факторов как в процессе работы пользователя на ПЭВМ, так и при временном перерыве, но при включенном ПЭВМ.

Комплекс потенциально опасных и вредных факторов и возможных последствий для пользователя ПЭВМ приведен на рисунке 2.2.

Работа на ПЭВМ связана с воздействием следующих опасных и вредных факторов:

1. Длительное пребывание в одном и том же положении и повторение одних и тех же движений;
2. Неправильное расположение рук, как правило, расположенных выше, чем следует;

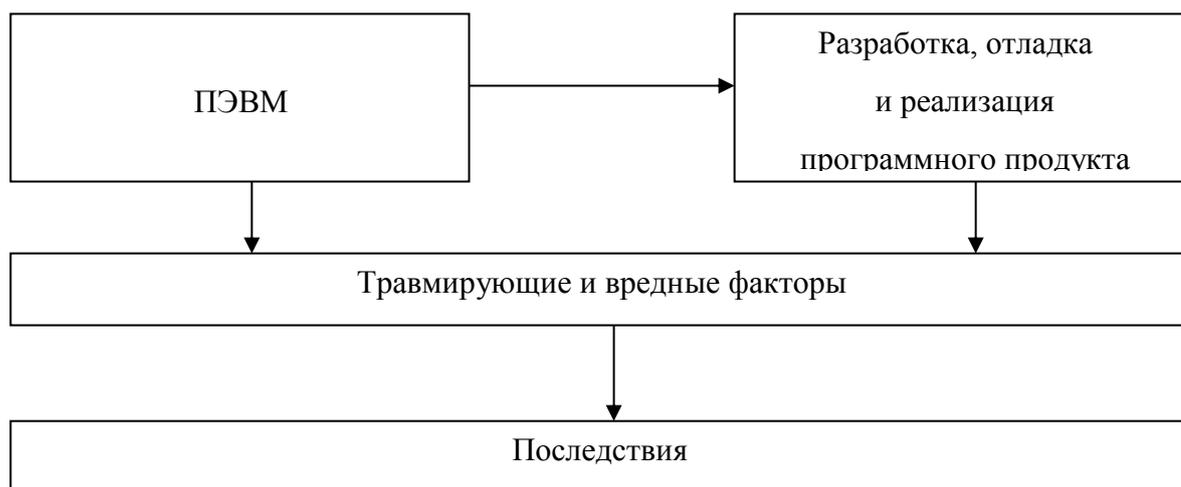


Рисунок 2.1 – Структурная схема ПЭВМ – пользователь

3. Нагрузка нажатия на клавиши и постоянная нагрузка без нажатия на большой палец правой руки;
4. Монотонность труда;
5. Умственное перенапряжение, обусловленное характером решаемых задач;
6. Большой объем перерабатываемой информации;
7. Нервно-психические нагрузки;
8. Нервно-эмоциональные стрессовые перегрузки;
9. Физические перегрузки;
10. Нерациональная организация рабочего места;
11. Несоответствие эргономических характеристик оборудования нормируемым величинам;
12. Отсутствие или недостаток естественного освещения;
13. Недостаточная освещенность рабочей зоны;
14. Повышенная яркость света;
15. Пониженная контрастность;
16. Прямая и отраженная блёсткость;
17. Повышенная пульсация светового потока;
18. Несоответствие нормам параметров микроклимата;
19. Повышенный уровень излучения от дисплея, который включает рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области;
20. Повышенный уровень электромагнитных излучений различных частот;
21. Загрязнение воздуха вредными веществами, пылью;
22. Повышенная ионизация воздуха;
23. Повышенный уровень шума на рабочем месте;

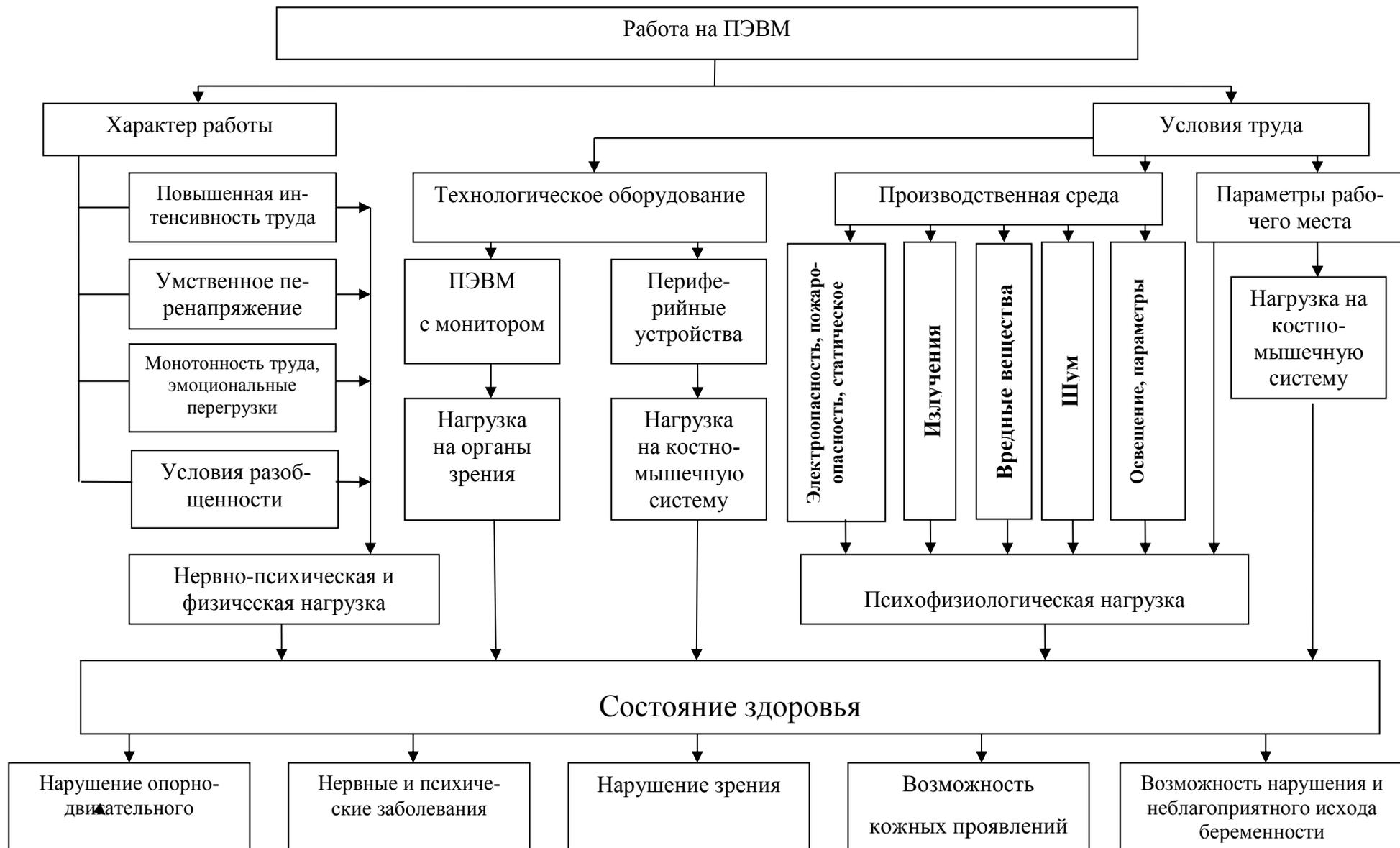


Рисунок 2.2 – Комплекс опасных и вредных факторов и возможных последствий на пользователя ПЭВМ

24. Возникновение на экране монитора статических зарядов, заставляющих частички пыли двигаться к ближайшему заземленному предмету (а, именно, к лицу пользователя);
25. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека;
26. Опасность возникновения пожара.

Связь между возможными нарушениями здоровья и потенциально вредными факторами при работе на ПЭВМ приведена в таблице 2.1.

Нарушения состояния здоровья пользователей ПЭВМ приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.1 – Связь между нарушениями здоровья и потенциально вредными факторами при работе за ПЭВМ по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)

Нарушения состояния здоровья	Вредные факторы						
	Ультрафиолетовое излучение	Мерцание изображения	Яркий видимый свет	Блики и отраженный свет	Статическое электричество	Электромагнитное поле низкой частоты	Рентгеновское излучение
Заболевания глаз и зрительные нарушения	+	+	+	+	+	*	*
Нарушения костно-мышечной системы	–	–	–	+	–	–	–
Кожные заболевания	*	–	–	–	+	–	–
Нарушения в работе нервной системы	*	+	+	+	+	*	–
Неблагоприятный исход беременности	*	*	–	–	*	+	+

Примечание: «+» - связь есть; «*» - связь возможна; «–» - связи нет.

Таблица 2.2 – Нарушения состояния здоровья пользователей ПЭВМ по данным Центра электромагнитной безопасности

Субъективные жалобы	Возможные причины
Резь в глазах	Визуальные и эргономические параметры монитора, освещение на рабочем месте и в помещении
Головная боль	Аэроионный состав воздуха на рабочем месте, режим работы
Повышенная нервозность	Электромагнитные поля, цветовая гамма помещения, режим работы
Повышенная утомляемость, расстройство памяти, нарушение, выпадение волос	Электромагнитные поля, режим работы, электростатические поля
Покраснение и высыпания на кожи	Электромагнитные поля, аэроионный и пылевой состав воздуха на рабочем месте
Нарушения в работе желудочно-кишечного тракта	Неправильная осанка, вызванная нарушением требований эргономики в организации рабочего места
Боли в пояснице	Неправильная, нерациональная осанка, вызванная нарушением требований эргономики в организации рабочего места, режим работы
Боль в запястье и пальцах	Организация рабочего места не соответствует требованиям эргономики; неверно выбрано сидение (по высоте); неудобная клавиатура; режим работы

Постоянное воздействие травмирующих и вредных факторов приводит к возникновению синдрома компьютерного состояния пользователя (СКСП).

СКСП – это результат воздействия вредных факторов на пользователя в процессе работы, после окончания работы и в отдаленные сроки.

СКСП условно состоит из следующих составляющих:

- Синдром длительных статических нагрузок (СДСН), который является следствием длительного пребывания в одном и том же положении и повторении одних и тех же действий.

- Синдром длительных психологических нагрузок (СДПН), который является следствием переработки большого объема информации, необходимости постоянной оптимизации решения задачи и построения стратегической модели.

- Синдром длительных зрительных нагрузок (СДЗН), который является следствием большого напряжения на органы зрения и особенностью считывания информации с экрана дисплея.

- Синдром нагрузки от излучения компьютера (СНИК), который является следствием воздействия различных видов излучения от компьютера.

Возможными последствиями действия травмирующих и вредных факторов при работе на ПЭВМ являются:

СДСН – развитие мышечной слабости; боли в позвоночнике, шее и плечевых суставах; изменение формы позвоночника; физическое переутомление.

СДПН – возрастание психологической нагрузки; возникновение дискомфорта и стресса; нервные срывы и депрессия; нервное утомление.

СДНЗ – быстрое утомление органов зрения; слезоточивость и частое моргание; чувство острой боли; глаукома и катаракта.

СНИК – нарушение функций центральной нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой систем; повышение утомляемости; головная боль и гипертония; изменение состава крови; нервно-психические и трофические заболевания; изменения биохимических процессов в крови на клеточном уровне; нарушение процесса протекания беременности и репродуктивных функций.

2. Примеры выполнения заданий

Для проведения оценки используется информация из основных положений методических указаний, личные ощущения пользователя при работе на ПЭВМ, заносимые в форму опросного листа (таблица 2.3). Для оценки технических параметров применяемых средств вычислительной техники можно использовать справочную таблицу 2.4. Оценка состояния здоровья пользователя ПЭВМ и определение перечня мероприятий по поддержанию хорошего состояния здоровья пользователя производятся с использованием таблиц 2.5 и 2.6.

Заполнить форму опросного листа, приведенную в таблице 2.4.

Для этого необходимо оценить свое состояние как пользователя ПЭВМ. При положительном ответе на поставленный вопрос подчеркивается «Да», при отрицательном – подчеркивается «Нет», при половинчатом ответе – подчеркивается «Да» и «Нет». Каждый из ответов в форме «Да» оценивается в 1 балл, в форме «Да» и «Нет» оценивается в 0,5 балла, отрицательные ответы не оцениваются.

Подсчитать сумму баллов.

Провести идентификацию (распознавание) потенциально опасных и вредных факторов, используя рисунки 2.1 и 2.2 и таблицы 2.1 и 2.2 и внести информацию в форму опросного листа (графа 5).

Сделать заключение о состоянии здоровья пользователя ПЭВМ и привести рекомендации по его защите, используя таблицы 2.5 и 2.6.

Таблица 2.3 – Опросный лист для оценки состояния пользователя ПЭВМ

Тип ПЭВМ - _____

Контраст - _____

Тип монитора - _____

Яркость, кд/м² - _____

Размер диагонали монитора (в дюймах) - _____

Цветность, (биты = количество цветов) - _____

Разрешение - _____

Частота обновления экрана, Гц - _____

Время отклика, мс - _____

№ п/п	Возможные проявления вредных факторов при работе на ПЭВМ	Ответ		Перечень потенциально опасных и вредных факторов
		ДА	НЕТ	
1	2	3	4	5
1	Чувствуете ли Вы усталость глаз? (Если «Да», то укажите, через какое время от начала работы)	ДА	НЕТ	
2	Часто ли у Вас затекают плечи и затылок? (Если «Да», то укажите, через какое время от начала работы)	ДА	НЕТ	
3	Трудно ли долго смотреть на экран, не появляется ли боль, резь в глазах? (Если «Да», то укажите, через какое время от начала работы)	ДА	НЕТ	
4	Тяжело ли двигать руками вечером после работы?	ДА	НЕТ	
5	Происходит ли иногда ухудшение зрения? (Если «Да», то укажите, через какое время от начала работы и насколько)	ДА	НЕТ	
6	Часто ли чувствуете усталость в запястьях? (Если «Да», то укажите, как часто и с какими временными интервалами)	ДА	НЕТ	
7	Часто ли чувствуете в голове замутнение и безволие?	ДА	НЕТ	
8	Часто ли слезятся глаза?	ДА	НЕТ	
9	Чувствуете ли «тяжесть» в затылке и как часто? (Онемение в затылочной области, боли в этой области)	ДА	НЕТ	

1	2	3	4	5
10	Вы только что смотрели на экран, потом направили взгляд на белую вещь (предмет). Бывает ли так, что она выглядит розовой? Как часто это бывает?	ДА	НЕТ	
11	Испытываете ли Вы мышечное перенапряжение (и возникновение профзаболеваний) кистей или пальцев рук?	ДА	НЕТ	
12	Испытываете ли Вы усталость мышц плеча и спины? Через сколько часов от начала смены особенно это чувствуете?	ДА	НЕТ	
СУММА БАЛЛОВ:				
13	Какие цвета (на цветном дисплее) вызывают у Вас наибольшую утомляемость глаз? В порядке дискомфорта указать несколько.			
14	Просьба указать иные нарушения в самочувствии, не указанные в пунктах теста.			
15	Что Вы лично делаете для снижения утомляемости?			
16	Иные пожелания или ощущения, не отраженные выше. <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>			
17	Заключение о состоянии здоровья пользователя. <hr/> <hr/> <hr/>			
18	Мероприятия по улучшению условий труда пользователя ПЭВМ. <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>			

3. Задания для самостоятельной работы

Если студент не имеет возможности оценить свое состояние при работе на ПЭВМ, он должен использовать справочную информацию, приведенную на рисунках 2.1, 2.2 и в таблицах 2.1, 2.2 и протестировать среднестатистического пользователя.

Таблица 2.4 – Параметры средств вычислительной техники

№ п/п	Параметр	Значение
1	Тип ПЭВМ	1. Настольный компьютер 2. Ноутбук 3. Карманный персональный компьютер (КПК) 4. Смартфóн - мобильный телефон с расширенными функциональными возможностями 5. Коммуникатор - карманный персональный компьютер, дополненный функциональностью мобильного телефона.
2	Тип монитора	1. ЭЛТ 2. ЖК 3. Плазменный 4. Проекционный
3	Размер диагонали монитора (в дюймах)	15, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 29 – 42
4	Разрешение	1280 × 1024; 1400 × 1050 1600 × 1200; 1922 × 1440
5	Время отклика, мс	3 – 25
6	Контраст	от (500 : 1) до (30 000 : 1)
7	Яркость, кд/м ²	300 – 1500
8	Цветность, (биты = количество цветов)	1 = 2 цвета; 4 = 16 цветов 8 = 256 цветов; 15 = 32 768 цветов 16 = 65 535 цветов; 24 = 16 777 216 цветов
9	Частота обновления экрана, Гц	85 – 100

Таблица 2.5 – Результаты расшифровки опросного листа

Количество набранных баллов	Оценка состояния здоровья пользователя ПЭВМ
0 – 2	Вы здоровы.
3 – 6	Надо остерегаться долгой работы за видеотерминалом. Следует принять подходящие меры для защиты от заболевания.
7 – 9	Вы уже серьезно заболеваете. Если Вы продолжите работу в таких условиях, то Ваше здоровье серьезно испортится. Следует принять срочные меры, чтобы восстановить Ваше здоровье и улучшить условия работы как можно скорее.
Свыше 9	Опасность заболеваний налицо. Следует немедленно обратиться к специалистам и определить комплекс организационных, медико-профилактических мероприятий по устранению заболеваний. Работу на ПЭВМ временно приостановить.

Таблица 2.6 – Мероприятия по улучшению условий труда и режима труда и отдыха пользователя ПЭВМ

Количество набранных баллов	Мероприятия по улучшению условий труда пользователя ПЭВМ
0 – 2	Работать на ПЭВМ в условиях соблюдения нормируемых параметров факторов.
3 – 6	1. Работать на ПЭВМ в условиях соблюдения нормируемых параметров факторов. 2. Разработать рациональный режим труда и отдыха. 3. Выбрать удобный комплекс упражнений.
7 – 9	1. Работать на ПЭВМ в условиях соблюдения нормируемых параметров факторов. 2. Разработать комплекс организационно-профилактических мероприятий, обеспечивающих восстановление здоровья (ограничение работы на ПЭВМ, рациональный режим труда и отдыха, выбор комплексов упражнений, разработать систему питания и прием витаминов после консультации со специалистом).
Свыше 9	1. Временно приостановить работу на ПЭВМ. 2. Пройти предписанный специалистом курс лечения и после этого медицинское обследование о возможности возврата на рабочее место пользователя ПЭВМ.

4. Вопросы для самоконтроля

- 1) Появлением каких факторов сопровождается эксплуатация современного оборудования (ПЭВМ) и технологического процесса на этом оборудовании (разработка, отладка и реализация программного продукта на ПЭВМ)?
- 2) Дайте определение травмирующих факторов.
- 3) Какие факторы называют вредными?
- 4) Что представляет собой структурная схема связи ПЭВМ – программный продукт – пользователь?
- 5) Что является особенностью связи ПЭВМ – программный продукт – пользователь?
- 6) Комплекс потенциально опасных и вредных факторов и возможных последствий для пользователя ПЭВМ.
- 7) Какие нарушения состояния здоровья возможны у пользователей ПЭВМ?
- 8) Возможные последствия действия травмирующих и вредных факторов при работе на ПЭВМ.

Практическое занятие 3

Тема: Вредные вещества, воздействие и нормирование

Цель: освоение понятий, необходимых при оценке воздействия вредных веществ и нормирования содержания вредных веществ в объектах окружающей среды

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучение соответствующих тем [1, 2].

Для обеспечения жизнедеятельности человека необходима воздушная среда определенного качественного и количественного состава. Нормальный газовый состав воздуха следующий (об. %): азот — 78,02; кислород — 20,95; углекислый газ — 0,03; аргон, неон, криптон, ксенон, радон, озон, водород — суммарно до 0,94. В реальном воздухе, кроме того, содержатся различные примеси (пыль, газы, пары и т.д.), оказывающие вредное воздействие на организм человека.

Основной физической характеристикой примесей в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений является концентрация массы (мг) вещества в единице объема (м³) воздуха при нормальных метеорологических условиях.

От вида, концентрации примесей и длительности воздействия зависит их влияние на природные объекты.

Нормирование содержания вредных веществ (пыль, газы, пары и т. д.) в воздухе проводят по предельно допустимым концентрациям (ПДК).

ПДК — максимальная концентрация вредных веществ в воздухе, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает ни на него, ни на окружающую среду в целом вредного воздействия (включая отдаленные последствия).

Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест и воздухе рабочей зоны нормируют по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов нормируют по максимальной разовой и среднесуточной концентрации примесей.

ПДК_{max} — основная характеристика опасности вредного вещества, которая установлена для предупреждения возникновения рефлекторных реакций человека (ощущение запаха, световая чувствительность и др.) при кратковременном воздействии (не более 30 мин).

ПДК_{cc} — установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния вредного вещества при воздействии более 30 мин.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны — это такая концентрация, которая при ежедневном воздействии (но не более 41 ч в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека, обнаруживаемых современными методами исследований, в период работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия, сумма их концентраций не должна превышать 1 (единицы) при расчете по формуле:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1, \quad (3.1)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n — фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе, мг/м³;

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ — предельно-допустимые концентрации тех же веществ, мг/м³.

Методика сравнения фактической концентрации с предельно допустимой производится на основе заданной фактической концентрации набора веществ согласно варианту и предельно допустимой концентрации (таблица 3.2).

Эффект суммации оценивается по набору веществ согласно варианту и перечню веществ, обладающих суммацией действия (таблица 3.3) с последующим расчетом по формуле (3.1).

2. Примеры выполнения заданий

Выбрать вариант по таблице вариантов. Ознакомиться с методикой. Переписать форму таблицы 3.1 на чистый лист бумаги. Используя данные варианта задания (таблица вариантов) заполнить графы 1...3 таблицы 3.1. Используя нормативно-техническую документацию (таблица 3.2) заполнить графы 4...8 таблицы 3.1.

Сопоставить заданные по варианту (см. таблицу вариантов) концентрации веществ с предельно допустимыми (таблица 3.2) и сделать вывод о соответствии нормам содержания каждого из веществ в графах 9...11 (таблица 3.1), т. е. <ПДК, >ПДК, =ПДК, обозначая соответствие нормам знаком «+», а несоответствие знаком «—» (см. образец заполнения).

Выявить вещества, обладающие суммацией действия, обозначив их символом «С» перед названием вещества (таблица 3.3).

Если выявится несколько эффектов суммации, следует использовать цифровую индексацию C_1, C_2, C_3 .

Выполнить необходимые расчеты по определению фактического эффекта суммации по формуле (3.1).

Сделать вывод о соответствии нормам фактических значений концентрации веществ, обладающих эффектом суммации, записью «Соответствует», «Не соответствует».

Образец заполнения

Таблица 3.1 – Исходные данные и нормируемые значения содержания вредных веществ

№ варианта	Вещество	Концентрация вредного вещества, мг/м ³				Класс опасности	Особенности воздействия	Соответствие нормам каждого из веществ в отдельности			
		Фактическая	Предельно допустимая		В воздухе рабочей зоны			В воздухе рабочей зоны	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населенных мест при времени воздействия	
			В воздухе населенного места							≤30 мин	>30 мин
			Максимальная разовая; воздействие ≤30 мин	Средне- суточная; воздействие >30 мин							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
01	Окись углерода	5,0	20	5,0	3,0	IV	0	<ПДК (+)	= ПДК (+)	>ПДК (—)	

Провести анализ, выявить вещества, обладающие суммацией, выполнить необходимые расчеты и сделать вывод о соответствии нормам каждого из указанных веществ в отдельности и при их одновременном воздействии.

Таблица 3.2 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе, мг/м³

Вещество	ПДК, мг/м ³			Класс опасности	Особенности воздействия
	В воздухе рабочей зоны	В воздухе населенных мест			
		Максимально-разовая; воздействие ≤30 мин	Среднесуточная; воздействие >30 мин		
Азота диоксид	2	0,085	0,04	II	О*
Азота оксид	5	0,6	0,06	III	О
Азотная кислота	2	0,4	0,15	II	—
Акролеин	0,2	0,03	0,03	III	—
Алюминия оксид	6	0,2	0,04	IV	Ф
Аммиак	20	0,2	0,04	IV	—
Ацетон	200	0,35	0,35	IV	—
Аэрозоль пятиоксида ванадия	0,1	—	0,002	I	—
Бензол	5	1,5	0,1	II	К
Винилацетат	10	0,15	0,15	III	—
Вольфрам	6	—	0,1	III	Ф
Вольфрамовый ангидрид	6	—	0,15	III	Ф
Гексан	300	60	—	IV	—
Дихлорэтан	10	3	1	II	—
Кремния диоксид	1	0,15	0,06	III	Ф
Ксилол	50	0,2	0,2	III	—
Метанол	5	1	0,5	III	—
Озон	0,1	0,16	0,03	I	О
Полипропилен	10	3	3	III	—
Ртуть	0,005	—	0,0003	I	—
Серная кислота	1	0,3	0,1	II	—
Сернистый ангидрид	10	0,5	0,05	III	—
Сода кальцинированная	2	—	—	III	—
Соляная кислота	5	—	—	II	—
Толуол	50	0,6	0,6	III	—
Углерода оксид	20	5	3	IV	Ф
Фенол	0,3	0,01	0,003	II	—
Формальдегид	0,5	0,035	0,003	II	О, А
Хлор	1	0,1	0,03	II	О
Хрома оксид	1	—	—	III	А
Хрома трехоксид	0,01	0,0015	0,0015	I	К, А
Цементная пыль	6	—	—	IV	Ф
Этилендиамин	2	0,001	0,001	III	—
Этанол	1000	5	5	IV	—

Примечание. **О** — вещества с остронаправленным действием, за содержанием которых в воздухе требуется автоматический контроль; **А** — вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях; **К** — канцерогены; **Ф** — аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

Таблица 3.3 – Перечень веществ, обладающих эффектом суммации, представленных в таблице вариантов

№ п/п	Вещества, обладающие эффектом суммации	№ п/п	Вещества, обладающие эффектом суммации
1	Ацетон, акролеин, фталевый ангидрид;	21	Оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, гексан;
2	Ацетон и фенол;	22	Пропионовая кислота и пропионовый альдегид;
3	Ацетон и ацетофенол;	23	Сернистый ангидрид и аэрозоль серной кислоты;
4	Ацетон, фурфурол, формальдегид, фенол;	24	Сернистый ангидрид и никель металлический;
5	Формальдегид, винилацетат;	25	Сернистый ангидрид и сероводород;
6	Аэрозоли пятиоксида ванадия и оксида марганца;	26	Сернистый ангидрид и диоксид азота;
7	Аэрозоли пятиоксида ванадия и сернистый ангидрид;	27	Сернистый ангидрид, оксид углерода, фенол и пыль конверторного производства;
8	Аэрозоли пятиоксида ванадия и трехоксида хрома;	28	Сернистый ангидрид, оксид углерода и диоксид азота;
9	Бензол и ацетофенол;	29	Сернистый ангидрид и фенол;
10	Валериановая, капроновая и масляная кислоты;	30	Сернистый ангидрид и фтористый водород;
11	Вольфрамовый и сернистый ангидриды;	31	Серный и сернистый ангидриды, аммиак и оксид азота;
12	Гексахлоран и фазолон;	32	Сероводород и фенол;
13	2,3-дихлор-1,4-нафтахинон;	33	Сильные минеральные кислоты (серная, хлористоводородная и азотная);
14	1,2-дихлорпропан, 1,2,3 - трихлорпропан и тетрахлорэтилен;	34	Углерода оксид и пыль цементного производства;
15	Изопропилбензол и гидроперекись изопропилбензола;	35	Уксусная кислота и уксусный ангидрид;
16	Изобутенилкарбинол и диметилвинилкарбинол;	36	Фенол и ацетофенол;
17	Метилдигидропиран и метилентетрагидропиран;	37	Фурфурол, метанол и этанол;
18	Мышьяковидный ангидрид и свинца ацетат;	38	Циклогексан и бензол;
19	Мышьяковистый ангидрид и германий;	39	Этилен, пропилен, бутилен и амилен.
20	Озон, диоксид азота и формальдегид;	—	—

3. Задания для самостоятельной работы

Вариант определяет преподаватель – см. табл. 3.4.

Таблица 3.4

Варианты заданий

№ варианта	Вещество	Фактическая концентрация, мг/м ³	№ варианта	Вещество	Фактическая концентрация мг/м ³	№ варианта	Вещество	Фактическая концентрация, мг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
01	Фенол	0,001	04	Озон	0,01	07	Азота оксид	150
	Азота оксид	0,1		Метанол	0,2		Углерода оксид	15
	Углерода оксид	10		Ксилол	0,5		Озон	0,01
	Вольфрам	5		Азота диоксид	0,5		Серная кислота	0,05
	Полипропилен	5		Формальдегид	0,01		Соляная кислота	5
	Сернистый ангидрид	0,5		Толуол	0,5		Сернистый ангидрид	0,5
02	Аммиак	0,01	05	Акролеин	0,01	08	Аммиак	0,5
	Ацетон	150		Дихлорэтан	5		Азота диоксид	1
	Бензол	0,05		Озон	0,01		Вольфрамовый ангидрид	5
	Озон	0,001		Углерода оксид	15		Хрома оксид	0,2
	Дихлорэтан	5		Формальдегид	0,02		Озон	0,001
	Фенол	0,5		Вольфрам	4		Сернистый ангидрид	5
03	Акролеин	0,01	06	Азота диоксид	0,04	09	Сернистый ангидрид	5
	Дихлорэтан	4		Аммиак	0,5		Озон	0,001
	Хлор	0,02		Хрома оксид	0,2		Серная кислота	10
	Диоксид углерода	10		Сернистый ангидрид	0,5		Дихлорэтан	5
	Сернистый ангидрид	0,03		Ртуть	0,001		Сода кальцинированная	1
	Хрома оксид	0,1		Акролеин	0,01		Ртуть	0,001

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Ацетон	0,2	14	Акролеин	0,01	18	Ацетон	0,3
	Углерода оксид	15		Дихлорэтан	5		Фенол	0,005
	Кремния диоксид	0,2		Хлор	0,01		Формальдегид	0,02
	Фенол	0,003		Хрома трехоксид	0,1		Полипропилен	8
	Формальдегид	0,02		Ксилол	0,3		Толуол	0,07
	Толуол	0,5		Ацетон	150		Винилацетат	0,15
11	Азота оксид	0,1	15	Углерода оксид	10	19	Метанол	0,3
	Алюминия оксид	5		Этилендиамин	0,1		Этанол	100
	Фенол	0,01		Аммиак	0,1		Цементная пыль	200
	Бензол	0,05		Азота диоксид	5		Углерода оксид	15
	Формальдегид	0,01		Ацетофенол	100		Ртуть	0,001
	Винилацетат	0,1		Бензол	0,05		Ксилол	0,5
12	Азотная кислота	0,5	16	Серная кислота	0,5	20	Углерода оксид	10
	Толуол	0,6		Азотная кислота	0,5		Азота оксид	1
	Винилацетат	0,15		Кремния диоксид	0,2		Формальдегид	0,02
	Углерода оксид	10		Фенол	0,01		Акролеин	0,01
	Алюминия оксид	5		Ацетон	0,2		Дихлорэтан	5
	Гексан	0,01		Озон	0,001		Озон	0,02
13	Азота диоксид	0,5	17	Аммиак	0,001	21	Аэрозоль пятиокси- да ванадия	0,1
	Ацетон	0,2		Азота оксид	0,1		Хрома трехоксид	0,1
	Бензол	0,05		Вольфрам	4		Хлор	0,02
	Фенол	0,01		Алюминия оксид	5		Углерода оксид	10
	Углерода оксид	10		Углерода оксид	5		Азота оксид	1
	Винилацетат	0,1		Фенол	0,01		Озон	0,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	Сернистый ангидрид	0,5	25	Азотная кислота	0,5	28	Аммиак	0,02
	Серная кислота	0,05		Серная кислота	0,5		Азота диоксид	5
	Вольфрамовый ангидрид	5		Ацетон	100		Хрома оксид	0,2
	Хрома оксид	0,2		Кремния диоксид	0,2		Ксилол	0,5
	Азота оксид	0,05		Фенол	0,001		Ртуть	0,0005
	Аммиак	0,5		Озон	0,001		Гексан	0,01
23	Азота оксид	0,1	26	Ацетон	0,15	29	Озон	0,05
	Алюминия оксид	5		Озон	0,05		Азота диоксид	1
	Формальдегид	0,02		Фенол	0,02		Углерода оксид	15
	Винилацетат	0,1		Кремния диоксид	0,15		Хлор	0,02
	Бензол	0,05		Этилендиамин	0,9		Хрома трехоксид	0,09
	Фенол	0,005		Аммиак	0,05		Аэрозоль пятиоксида ванадия	0,05
24	Аммиак	0,05	27	Акролеин	0,01	30	Аммиак	0,4
	Азота оксид	0,1		Дихлорэтан	5		Азота диоксид	0,5
	Углерода оксид	15		Озон	0,01		Хрома оксид	0,18
	Фенол	0,005		Углерода оксид	20		Соляная кислота	4
	Вольфрам	4		Вольфрам	5		Серная кислота	0,04
	Алюминия оксид	5		Ацетон	0,02		Сернистый ангидрид	0,4

4. Вопросы для самоконтроля

- 1) Основная физическая характеристика примесей в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений.
- 2) Дайте определение ПДК.
- 3) Виды ПДК в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны.
- 4) Какой документ определяет ПДК веществ в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны?
- 5) Как оцениваются концентрации веществ при совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия?
- 6) Особенности воздействия вредных веществ на человека.

Практическое занятие 4

Тема: Общие методические требования к организации и проведению контроля содержания АПФД в воздухе рабочей зоны.

Цель: изучить требования к организации и проведению контроля содержания пылей в воздухе рабочей зоны.

Форма проведения занятия – семинар

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к семинару рекомендуется изучение соответствующих тем [1, 3].

Для создания нормальных условий труда необходимо обеспечить не только комфортные метеорологические условия, но и необходимую чистоту воздуха. Вследствие производственной деятельности в воздушную среду помещений могут поступать разнообразные вредные вещества, которые используются в технологических процессах. В санитарно-гигиенической практике принято разделять вредные вещества на химические вещества и промышленную пыль. Производственная пыль достаточно распространенный опасный и вредный производственный фактор. Высокие концентрации пыли характерны для горнодобывающей промышленности, машиностроения, металлургии, текстильной промышленности, сельского хозяйства, в производстве строительных материалов (огнеупорные изделия, кирпич, цемент) и т.д.

Пыль может оказывать на человека фиброгенное воздействие, при котором в легких происходит разрастание соединительных тканей, которое нарушает нормальное строение и функцию органа. Вредность производственной пыли обусловлена ее способностью вызывать профессиональные заболевания легких, в первую очередь пневмокониозы.

Борьба с производственной пылью является не только гигиенической, но и экономической задачей. Некоторые виды пыли (цементная, сахарная, мучная, содовая и др.) представляют ценность как продукт производства, и потеря его

наносит экономический ущерб. Пыль способствует быстрому износу производственного оборудования, может служить причиной брака (точное приборостроение и др.). При определенных условиях возможны взрывы пыли.

Многочисленные исследования показывают, что запыленность воздуха рабочих помещений колеблется в широких пределах в зависимости от характера производства, технологического процесса, состояния оборудования, характера производственных операций, состояния технических мер борьбы с пылью и др.

В зависимости от указанных условий в воздухе рабочих помещений можно обнаружить количество пыли от 1 мг/м^3 и меньше до десятков и сотен миллиграммов в 1 м^3 воздуха и от 200 до десятков тысяч микроскопических пылевых частиц в 1 см^3 воздуха, а ультрамикроскопических частиц — до нескольких сотен тысяч. Следует, однако, отметить, что, несмотря на интенсификацию производственных процессов и в связи с этим, увеличение пылеобразования, запыленность воздуха рабочих помещений в настоящее время значительно ниже, чем была 10—20 лет назад. Объясняется это рационализацией технологических процессов и оборудования, а также совершенствованием и широким применением специальных технических мер по борьбе с пылью.

Исходя из установленного положения о наибольшей агрессивности кварцевой пыли, установлены следующие предельно допустимые концентрации пыли в воздухе рабочих помещений в весовых единицах: при содержании в пыли более 70% свободной двуокиси кремния — 1 мг/м^3 , при содержании ее от 10 до 70% — 2 мг/м^3 , для асбестовой пыли и смешанной, содержащей более 10% асбеста, — 2 мг/м^3 , для пыли стеклянного и минерального волокна — 4 мг/м^3 .

Всего нормировано более 30 видов нетоксичной пыли, причем для пыли, содержащей свободную двуокись кремния в количестве меньше 10%, установлены предельно допустимые концентрации в пределах $2—6 \text{ мг/м}^3$, а для пыли, не содержащей свободной двуокиси кремния, например угольной и др., установлена предельно допустимая концентрация 10 мг/м^3 .

2. Вопросы к семинарскому занятию

1. Общие методические требования к организации и проведению контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
2. Контроль соответствия максимальных ПДК.
3. Контроль за соблюдением среднесменной ПДК.
4. Метод измерения массовых концентраций пыли.
5. Требования безопасности при проведении измерений массовых концентраций пыли.
6. Требования к операторам, проводящим измерения массовых концентраций пыли.

7. Условия проведения измерений массовых концентраций пыли, подготовка оборудования.

8. Отбор проб воздуха, выполнение измерений массовых концентраций пыли, вычисления.

3. Литература

1. МУК 4.1.2468-09 Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 22 с.[5]

2. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. - Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. – 107 с.[6]

4. Вопросы для самоконтроля

- 1) Какой метод используется для количественного определения пыли в воздухе рабочей зоны?
- 2) От чего зависит объем аспирируемого воздуха?
- 3) Чему равен диапазон массовых концентраций пыли, определяемых весовым методом?
- 4) Какие требования предъявляются к массе навески пыли и объемной скорости пробоотборника при определении пыли в воздухе рабочей зоны?
- 5) Контроль соответствия максимальным ПДК.
- 6) Для каких целей предназначены Методические указания по измерению массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны?
- 7) Как осуществляется взвешивание фильтров при определении пыли в воздухе рабочей зоны?
- 8) Контроль за соблюдением среднесменной ПДК.
- 9) Каковы метрологические характеристики методики по измерению массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны?
- 10) Каков порядок взвешивания фильтров при определении пыли в воздухе рабочей зоны?
- 11) Как осуществляется контроль содержания пыли в воздухе рабочей зоны?
- 12) В соответствии с какими документами осуществляется отбор проб при определении пыли в воздухе рабочей зоны?
- 13) От чего зависят ПДК пыли в воздухе рабочей зоны?
- 14) От чего зависит количество проб воздуха на АПФД для установления соответствия максимальным и среднесменным ПДК?
- 15) На какие фильтры проводится отбор проб пыли?

- 16) Где на рабочем месте необходимо измерять концентрацию пыли?
- 17) В каких средах и почему невозможно произвести отбор проб пыли?
- 18) Как необходимо располагать фильтродержатель при отборе пробы?
- 19) Какие средства измерений используются для определения пыли в воздухе рабочей зоны?
- 20) Каких зон необходимо избегать при измерении концентрации пыли?
- 21) Какое вспомогательное оборудование, реактивы и материалы используются для определения пыли в воздухе рабочей зоны?
- 22) Что необходимо сделать для приведения проб к стандартным условиям?
- 23) Какие требования безопасности необходимо соблюдать при определении пыли в воздухе рабочей зоны?
- 24) Каков порядок действий при отборе проб воздуха?
- 25) Каким требованиям должны соответствовать специалисты, проводящие определение пыли в воздухе рабочей зоны?
- 26) При каких условиях выполняется определение пыли в воздухе рабочей зоны?
- 27) Как вычислить концентрацию пыли в отдельной пробе?
- 28) Каковы требования к фильтрам, предназначенным для определения пыли в воздухе рабочей зоны?
- 29) Как рассчитать среднеарифметическую концентрацию пыли в ВРЗ, если время отбора отдельных проб одинаково?
- 30) Какие улавливающие устройства применяются для определения пыли в воздухе рабочей зоны?
- 31) Как рассчитать среднеарифметическую концентрацию пыли в ВРЗ, если время отбора отдельных проб разное?
- 32) Как рассчитать среднесменную концентрацию пыли в ВРЗ?
- 33) Каким документом регламентируется периодичность контроля стабильности результатов выполняемых измерений?

Практическое занятие 5

Тема: Определение содержания пыли в воздухе рабочей зоны

Цель: освоение методики оценки запыленности

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучение соответствующих тем [1, 5, 6].

Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводится при сравнении измеренных среднесменных и максимальных концентра-

ций с их предельно допустимыми значениями - максимально разовыми (ПДК_м) и среднесменными (ПДК_{сс}) нормативами.

Среднесменная концентрация - это концентрация, усредненная за 8-часовую рабочую смену.

Максимальная (максимально разовая) концентрация - концентрация вредного вещества при выполнении операций (или на этапах технологического процесса), сопровождающихся максимальным выделением вещества в воздух рабочей зоны, усредненная по результатам непрерывного или дискретного отбора проб воздуха за 15 мин для химических веществ и 30 мин для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД). Для веществ, опасных для развития острого отравления (с остронаправленным механизмом действия, раздражающие вещества), максимальную концентрацию определяют из результатов проб, отобранных за возможно более короткий промежуток времени, как это позволяет метод определения вещества.

Планирование стратегии отбора проб начинается с определения задач, решение которых предусматривается при проведении исследования.

Среднесменные концентрации определяют для характеристики уровней воздействия вещества в течение смены, расчета индивидуальной экспозиции (в т.ч. пылевой нагрузки при воздействии АПФД), выявления связи изменений состояния здоровья работника с условиями труда (при этом учитывается верхний предел колебаний концентраций - максимальные концентрации). Для веществ раздражающих и с остронаправленным механизмом действия при оценке связи выявленных нарушений состояния здоровья с условиями труда используют максимальные концентрации.

Информация о максимальных концентрациях необходима, прежде всего, для проведения инспекционного и производственного контроля за условиями труда, выявления неблагоприятных гигиенических ситуаций, решения вопроса о необходимости использования средств индивидуальной защиты, оценки технологического процесса, оборудования, санитарно-технических устройств.

Для решения вопроса о полноте контроля в соответствии с решаемыми задачами специалист, проводящий контроль, составляет перечень веществ, которые могут выделяться в воздух рабочей зоны при ведении технологического процесса. С этой целью необходима следующая информация (предоставляется работодателем):

- об используемых в технологическом процессе вредных веществах (агрегатное состояние, летучесть и др.), их соответствие нормативно-технической документации (сертификаты, ТУ, ГОСТ, др.);

- о химических реакциях на всех этапах технологического процесса, возможности образования промежуточных и побочных продуктов, качественном составе продуктов деструкции, гидролиза, пиролиза и других возможных превращений;

- возможности сорбции химических веществ на частичках пыли, строительных конструкциях, оборудовании и последующей десорбции.

При составлении плана контроля учитывают:

- особенности технологического процесса (непрерывный, периодический), температурный режим, количество выделяющихся вредных веществ и др.;

- физико-химические свойства контролируемых веществ (агрегатное состояние, плотность, давление пара, летучесть и др.) и возможности превращения последних в результате окисления, деструкции, гидролиза и др. процессов;

- класс опасности и особенность действия веществ на организм;

- планировку помещений (этажность здания, наличие межэтажных проемов, связь со смежными помещениями и др.);

- количество и вид рабочих мест (постоянные, непостоянные, аналогичные);

- фактическое время пребывания работника на рабочем месте в течение смены. На основании полученных материалов, с учетом технологического регламента, результатов ранее проведенных исследований выявляют рабочие места и технологические операции, при которых в воздушную среду производственных помещений (участков с открытым размещением оборудования) могут выделяться вредные вещества (пары, газы, аэрозоли), и где оно может быть максимальным.

Порядок выполнения задания: для определения среднесменной концентрации пыли расчетным методом заполняют таблицу 5.1: заполняют графы 1, 3, 4 по данным варианта задания, заполняют графу 5 и определяют сумму по каждому этапу, рассчитывают средние концентрации (K_0) для каждой операции по формулам и заносят в графу 6. По результатам определения средних концентраций за операцию (K_0) и длительности операций рассчитывают среднесменную концентрацию ($K_{сс}$) как средневзвешенную величину за смену по формуле. Определяют минимальную концентрацию за смену ($K_{мин}$) - наименьшее значение (из графы 4) из полученных результатов, и максимальную концентрацию за смену ($K_{макс}$) - наибольшее значение (из графы 4) из полученных результатов. Оформить отчет и представить преподавателю.

Таблица 5.1 – Определение среднесменных концентраций расчетным методом

Наименование процесса	Длительность процесса, Т, мин	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Произведение t*К	Средняя взвешенная по времени концентрация по операции К_0, мг/куб.м
1	2	3	4	5	6
1 этап					
Всего по этапу					
2 этап					
Всего по этапу					
3 этап					
Всего по этапу					
4 этап					
Всего по этапу					
Итого					
К_ макс, мг/куб.м					
К_ мин, мг/куб.м					
К_ сс, мг/куб.м					

2. Примеры выполнения заданий

Задача 1. Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на 4 этапа. Продолжительность смены – 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляет 70, 180, 150, 80 мин. соответственно. Было отобрано всего 16 проб.

Длительность отбора пробы и концентрация пыли, приведенная к стандартным условиям, представлены в таблице 1:

Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.
1 этап	10	29,3	3 этап	10	31,2
	7	30,1		30	12,2
	10	155,2		11	20,4
	5	121		10	18,1
	5	133,7	4 этап	15	21,5
2 этап	21	18,2		16	11,8
	38	9,3		40	4
	13	18,3			
	15	20			

Решение

Для определения среднесменной концентрации пыли расчетным методом заполняют таблицу 5.2:

- заполняют графы 2, 3, 4 по данным таблицы 1;

- заполняют графу 5 и определяют сумму по каждому этапу;
- рассчитывают средние концентрации (K_{0}) для каждой операции по формулам (3) или (4) Методики и заносят в графу 6.

По результатам определения средних концентраций за операцию (K_{0}) и длительности операций рассчитывают среднесменную концентрацию (K_{cc}) как средневзвешенную величину за смену по формуле (5) Методики:

$$K_{cc} = \frac{K_{o1} \cdot T_{o1} + K_{o2} \cdot T_{o2} + K_{on} \cdot T_{on}}{\sum T},$$

где $K_{o1}, K_{o2}, \dots, K_{on}$ - средневзвешенная концентрация за операцию, мг/м³;

$T_{o1}, T_{o2}, \dots, T_{on}$ - продолжительность операции, мин;

$\sum T$ - продолжительность всех операций, соответствующая продолжительности рабочей смены (480 мин).

Таблица 5.2 – Определение среднесменной концентрации

Наименование процесса	Длительность процесса, Т, мин	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Произведение t*К	Средняя взвешенная по времени концентрация по операции К_0, мг/куб.м
1	2	3	4	5	6
1 этап	70	10	29,3	293,0	90,0
		7	30,1	210,7	
		10	155,2	1552,0	
		5	121,0	605,0	
		5	133,7	668,5	
Всего по этапу 1	70	37		3329,2	
2 этап	180	21	18,2	382,2	14,6
		38	9,3	353,4	
		13	18,3	237,9	
		15	20,0	300,0	
Всего по этапу 2	180	87		1273,5	
3 этап	150	10	31,2	312,0	17,8
		30	12,2	366,0	
		11	20,4	224,4	
		10	18,1	181,0	
Всего по этапу 3	150	61		1083,4	
4 этап	80	15	21,5	322,5	9,1
		16	11,8	188,8	
		40	4,0	180,0	
Всего по этапу 4	80	71		691,3	
Итого	480	256			
К макс, мг/куб.м	155,2				
К мин, мг/куб.м	4,0				
К cc, мг/куб.м	25,5				

Определяют минимальную концентрацию за смену ($K_{мин}$) - наименьшее значение (из графы 4) из полученных результатов, и максимальную концентрацию за смену ($K_{макс}$) - наибольшее значение (из графы 4) из полученных результатов.

3. Задания для самостоятельной работы

Задача 1. Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на 4 этапа. Продолжительность смены - 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляет 70, 180, 150, 80 мин. соответственно. Было отобрано всего 16 проб.

Длительность отбора пробы и концентрация пыли, приведенная к стандартным условиям, представлены в таблице:

Таблица

Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.
1 этап	10	29,3	3 этап	10	31,2
	7	30,1		30	12,2
	10	155,2		11	20,4
	5	121		10	18,1
	5	133,7	4 этап	15	21,5
2 этап	21	18,2		16	11,8
	38	9,3		40	4
	13	18,3			
	15	20			

Задача 2. Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на 4 этапа. Продолжительность смены - 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляет 60, 190, 100, 130 мин. соответственно. Было отобрано всего 16 проб.

Длительность отбора пробы и концентрация пыли, приведенная к стандартным условиям, представлены в таблице:

Таблица

Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.
1 этап	16	30,2	3 этап	8	22,0
	8	21,5		25	13,8
	12	120,0		30	18,4
	6	144,2		11	2,0
	5	103,7	4 этап	18	20,4
2 этап	21	18,2		20	16,2
	38	9,3		40	10,4
	13	18,3			
	15	20,0			

Задача 3. Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на 4 этапа. Продолжительность смены - 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляет 65, 170, 135, 110 мин. соответственно. Было отобрано всего 17 проб.

Длительность отбора пробы и концентрация пыли, приведенная к стандартным условиям, представлены в таблице:

Таблица

Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.
1 этап	15	29,1	3 этап	9	24,0
	9	20,4		24	11,1
	11	112,8		34	7,4
	7	87,0		12	3,0
	6	113,7		4	32,4
2 этап	22	28,2	4 этап	22	18,2
	31	10,3		16	26,3
	14	17,1		30	11,1
	11	2,1			

Задача 4. Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на 4 этапа. Продолжительность смены - 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляет 55, 160, 140, 125 мин. соответственно. Было отобрано всего 18 проб.

Длительность отбора пробы и концентрация пыли, приведенная к стандартным условиям, представлены в таблице:

Таблица

Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.
1 этап	15	30,2	3 этап	10	23,4
	9	19,4		25	12,7
	11	88,7		19	8,4
	7	65,1		16	2,9
	6	50,3		5	30,7
2 этап	25	25,2	4 этап	20	16,2
	22	8,3		15	25,4
	16	14,1		28	12,1
	10	3,1		12	1,1

Задача 5. Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на 4 этапа. Продолжительность смены - 8 ч. Продолжительность

ность этапов технологического процесса составляет 40, 200, 120, 120 мин. соответственно. Было отобрано всего 18 проб.

Длительность отбора пробы и концентрация пыли, приведенная к стандартным условиям, представлены в таблице:

Таблица

Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.
1 этап	12	22,4	3 этап	12	21,4
	10	15,4		13	14,7
	8	23,7		22	9,4
	5	44,9		18	3,9
	7	39,1		8	27,4
2 этап	22	112,7	4 этап	22	18,2
	26	9,5		16	26,7
	14	16,7		30	13,1
	15	4,2		11	9,8

Задача 6. Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на 4 этапа. Продолжительность смены - 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляет 45, 180, 135, 120 мин. соответственно. Было отобрано всего 18 проб.

Длительность отбора пробы и концентрация пыли, приведенная к стандартным условиям, представлены в таблице:

Таблица

Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.
1 этап	15	10,4	3 этап	14	11,4
	13	25,3		15	4,7
	5	13,7		24	10,4
	8	59,7		16	5,1
	10	40,1		6	17,3
2 этап	24	120,4	4 этап	24	28,4
	28	135,7		18	16,7
	16	144,9		28	10,1
	13	102,7		9	5,5

Задача 7. Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на 4 этапа. Продолжительность смены - 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляет 60, 80, 110, 230 мин. соответственно. Было отобрано всего 19 проб.

Длительность отбора пробы и концентрация пыли, приведенная к стандартным условиям, представлены в таблице:

Таблица

Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.
1 этап	10	11,4	3 этап	13	10,1
	11	24,6		16	49,6
	16	23,8		25	11,5
	17	6,4		14	6,7
	19	10,7		7	7,3
2 этап	24	20,3	4 этап	29	28,4
	28	35,8		8	16,7
	16	42,1		9	10,1
	13	12,3		12	6,6
	10	14,6			

Задача 8. Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на 4 этапа. Продолжительность смены - 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляет 70, 90, 220, 100 мин. соответственно. Было отобрано всего 19 проб.

Длительность отбора пробы и концентрация пыли, приведенная к стандартным условиям, представлены в таблице:

Таблица

Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.
1 этап	12	10,0	3 этап	11	21,1
	13	14,6		15	39,5
	19	13,8		22	16,4
	20	16,3		13	7,8
	16	11,8		8	6,9
2 этап	22	22,7	4 этап	24	38,9
	26	10,8		9	16,5
	15	7,9		12	10,6
	19	7,2		13	16,6
	7	4,1			

Задача 9. Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на 4 этапа. Продолжительность смены - 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляет 70, 80, 120, 210 мин. соответственно. Было отобрано всего 20 проб.

Длительность отбора пробы и концентрация пыли, приведенная к стандартным условиям, представлены в таблице:

Таблица

Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.
1 этап	5	12,0	3 этап	12	11,2
	23	16,4		16	95,4
	5	18,3		25	46,1
	28	13,6		19	8,7
	12	18,1		25	9,6
2 этап	25	27,2	4 этап	20	93,8
	21	18,0		10	56,1
	16	9,7		15	60,1
	14	2,7		16	66,1
	9	1,4		5	74,9

Задача 10. Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на 4 этапа. Продолжительность смены - 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляет 170, 180, 20, 110 мин. соответственно. Было отобрано всего 20 проб.

Длительность отбора пробы и концентрация пыли, приведенная к стандартным условиям, представлены в таблице:

Таблица

Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.	Этап	Длительность отбора пробы, t, мин	Концентрация пыли в пробе К, мг/куб.м, приведенная к ст.усл.
1 этап	15	10,0	3 этап	22	44,4
	13	16,4		30	45,9
	15	16,4		15	16,4
	18	13,6		29	79,2
	22	19,1		5	69,1
2 этап	15	20,7	4 этап	10	38,9
	11	1,8		12	16,5
	6	5,9		5	10,6
	4	7,2		6	16,6
	19	4,4		15	4,7

4. Вопросы для самоконтроля

- 1) Как осуществляется контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны?
- 2) Дайте определение среднесменной концентрации.

- 3) Дайте определение максимальной концентрации.
- 4) Планирование стратегии отбора проб воздуха.
- 5) Составление плана контроля содержания АПФД в воздухе рабочей зоны.

Практическое занятие 6

Тема: Оценка потенциальной опасности химических веществ

Цель: Ознакомиться с методиками оценки потенциальной опасности химических веществ, ранжировать их по опасности.

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучение соответствующих тем [1, 2, 7].

Потенциальную опасность химических веществ (ПОХВ) можно оценить на основании знания их физико-химических свойств, а также параметров токсикометрии.

1. Оценка ПОХВ на основании информации о физико-химических свойствах химических веществ. Важнейшими гигиеническими показателями химических веществ являются абсолютная летучесть, температура вспышки, пределы взрываемости, коэффициент распределения масло/вода, коэффициент растворимости.

Абсолютная летучесть — максимально достижимая концентрация вещества, мг/л, в воздухе при данной температуре. Обычно абсолютную летучесть определяют при температуре 20° С по уравнению:

$$C_{20} = M P / 18,3,$$

где M — молекулярная масса вещества; P — давление насыщенного пара, мм рт. ст.

При других температурах абсолютная летучесть, мг/л, рассчитывается по формуле:

$$C = 16 P M / T,$$

где T — абсолютная температура, К.

В случае отсутствия данных об упругости пара можно использовать формулу Э.Н.Левиной:

$$\lg P = 3,5 - 0,0202(t_{\text{кип}} + 3).$$

При оценке ряда близких по токсичности веществ предпочтение в гигиеническом отношении должно быть отдано менее летучему. Например, среди органических растворителей, таких как стирол, бензол, толуол, ксилол, последний наименее летуч и поэтому при его испарении в воздухе помещения создаются меньшие концентрации.

Химические вещества могут не только вызвать интоксикацию, но и будучи легковоспламеняющимися, стать причиной пожара.

Определяют следующие показатели.

Температура вспышки при 760 мм рт. ст. — наименьшая, при которой пары жидкости достигают в воздухе над ее поверхностью концентраций, достаточных для воспламенения при приближении открытого пламени.

Температура самовоспламенения при 760 мм рт. ст. — наименьшая, при которой пары вещества могут загораться даже без приближения открытого огня.

Коэффициент растворимости паров химических веществ или газов в жидкостях — важнейший физико-химический показатель — отношение концентраций пара или газа в равных объемах воздуха и жидкости при их равновесии.

Большинство паров и газов растворяется в крови примерно так же, как и в воде, или несколько хуже. Поэтому часто для суждения о накоплении паров и газов в организме используют коэффициент растворимости вода/воздух:

$$\lambda = \frac{22.4 \cdot 760 ST}{273 PM}$$

где S — растворимость в воде, г/л; T — абсолютная температура, К; P — упругость пара, мм рт. ст.; M — молекулярная масса вещества.

С увеличением λ большее количество вещества диффундирует из альвеолярного воздуха в кровь, возрастает сорбционная емкость организма, уменьшаются скорость насыщения артериальной крови до действующих концентраций, а также выведение вещества из организма через дыхательные пути.

Вещества с меньшим коэффициентом растворимости имеют большую фармакологическую активность. Причиной этому служит их лучшая растворимость в жирах и липоидах.

Коэффициент распределения масло/вода Овертона-Мейра является показателем растворимости вещества в жирах и липидах. Приближенное значение этого коэффициента K можно рассчитать по эмпирической формуле Е. И. Любиной и А.А. Голубева:

$$\lg K = 0,053 V_{\text{мол}} - 3,68,$$

где $V_{\text{мол}}$ — молекулярный объем вещества (отношение молекулярной массы вещества к его плотности).

Коэффициент распределения «масло/вода» положен в основу классификации неэлектролитов Н.В. Лазарева, позволяющей ориентировочно предсказать опасность вредного воздействия химического соединения. Неэлектролиты расположены в девяти группах в порядке возрастания этого коэффициента (см. табл. 6.1):

Таблица 6.1 – Классификация неэлектролитов по коэффициенту «масло/вода»

Группа	K	Группа	K	Группа	K
1-я	$10^{-3}-10^{-2}$	4-я	10^0-10^1	7-я	10^3-10^4
2-я	$10^{-2}-10^{-1}$	5-я	10^1-10^2	8-я	10^4-10^5
3-я	$10^{-1}-10^0$	6-я	10^2-10^3	9-я	10^5

Вещества первых четырех групп характеризуются плохой растворимостью в жирах и липидах, хорошей растворимостью в воде, большой сорбционной емкостью организма, медленно проникают в клетки и медленно выводятся из них; последних пяти групп — плохой растворимостью в воде, хорошей растворимостью в жирах и липидах, малой сорбционной емкостью организма, быстрым проникновением в клетки и быстрым выведением.

2. *Оценка ПОХВ на основании знания параметров токсикометрии.* Зона острого действия (S_{ca}) характеризует потенциальную опасность возникновения острых отравлений и является отношением среднесмертельной концентрации к пороговой или минимально действующей, вызывающей при однократном воздействии статистически достоверные изменения интегральных показателей животного организма:

$$S_{ca} = CL_{50}/Lim_{ca}.$$

Зона острого действия характеризует способность организма приспосабливаться к воздействию яда и свидетельствует об интенсивности процессов детоксикации. Чем шире данная зона, тем сильнее выражены компенсаторные свойства организма по отношению к яду, узость зоны указывает на большую возможность острых отравлений.

Зона хронического действия (S_{ch}) характеризует степень опасности хронической интоксикации:

$$S_{ch} = Lim_{ca}/Lim_{ch},$$

где Lim_{ca} — пороговая концентрация по интегральному показателю, полученная при однократном воздействии; Lim_{ch} — пороговая концентрация по интегральным, или по специфическим показателям интоксикации, полученная в хроническом эксперименте.

Интервал между Lim_{ca} и Lim_{ch} характеризует опасность возникновения хронического отравления. Если он велик, т. е. величина Lim_{ch} слишком мала по сравнению с Lim_{ca} , значит в организме издаются хорошие условия для суммирования эффекта малых концентраций и, следовательно, для развития интоксикации. Иными словами, чем шире зона хронического действия, тем опаснее химическое вещество, так как кумулятивные свойства, отражающиеся в накоплении эффекта в хроническом эксперименте, будут выражены сильнее.

3. *Термодинамическая активность (термодинамическая концентрация)* — отношение максимальной действительной упругости пара вещества к упругости его пара, вызывающей токсический эффект.

Установление термодинамических концентраций помогает ориентировочно определить, оказывает ли химическое вещество на организм неэлектролитное или специфическое действие.

Вместо упругости пара можно взять соответствующие концентрации, тогда речь пойдет о термодинамической концентрации:

$$A = P_T / P_{max} = C / C_{max}$$

где P_T — упругость пара, вызывающая токсический эффект; P_{max} — максимальная упругость паров вещества для определенной температуры; C_m — концентрация вещества, вызывающая токсический эффект; C_{max} — максимальная достижимая концентрация для определенной температуры (или летучесть).

Использование термодинамических концентраций оказывается полезным при сравнительной токсикологической оценке нескольких химических веществ по опасности острого отравления.

По опасности возникновения острых отравлений С. Д. Заугольников с сотр. разделили все летучие органические вещества на 6 разрядов (табл. 6.2) в зависимости от их летучести и CL_{50} . Вещества, относящиеся к первым трем разрядам, являются особо опасными в отношении возникновения острых отравлений.

В гомологических рядах органических соединений с ростом молекулярной массы термодинамическая активность возрастает, что объясняется более быстрым увеличением токсичных концентраций по сравнению с максимально достижимыми. Такая неравномерность приводит к так называемому «перелому», когда термодинамическая концентрация какого-то члена гомологического ряда будет равна 1, а токсические концентрации последующих — значительно превышать максимально достижимые. Определение места «перелома» в гомологическом ряду имеет практическое значение и может быть получено графическим способом, причем достаточно иметь данные по двум веществам, за исключением первого члена гомологического ряда: с этой целью на оси абсцисс откладывают сумму углеродных атомов для каждого члена ряда, а на оси ординат — $\lg C$ — и $\lg C_{max}$. Соединив точки для каждого из двух известных веществ, получим на графике две прямые, а их пересечение и будет соответствовать «перелому».

Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО) объединяет два важнейших показателя опасности острого отравления — летучесть вещества и дозу, вызывающую наибольший биологический эффект, т.е. гибель организма (табл.2).

$$КВИО = C_{20} / CL_{50}$$

Анализ оценки опасности вредных веществ по КВИО показывает, что в ряде случаев малотоксичное, но высоколетучее вещество в условиях производства может оказаться более опасным в развитии острого отравления, чем высокотоксичное, но малолетучее соединение. Так например, ацетальдегид, обладая

умеренной токсичностью ($CL_{50} = 21\ 800\ \text{мг/м}^3$), является высоколетучим ($C_{20} = 182\ 000\ \text{мг/м}^3$) и по величине КВИО относится к высокоопасным веществам (КВИО = 82). Класс опасности химического соединения устанавливают в зависимости от показателей токсикометрии, приведенных в табл.6.3.

Таблица 6.3 – Установление классов опасности по показателям токсикометрии

Наименование показателя	Класс опасности			
	1	2	3	4
ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м^3	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10
Средняя смертельная доза, мг/кг : при введении в желудок	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
при нанесении на кожу	Менее 100	100-500	501— 2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м^3	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона действия отравления: острого	Менее 6	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
хронического	Более 10	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

При оценке опасности для одного и того же вещества по ряду показателей можно получить разные классы, но определяющим должен быть показатель, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

2. Примеры выполнения заданий

Пример 1: Оценить риск от воздействия на человека моноклордибромтрифторэтана ($\text{CF}_2\text{BrCFBrCl}$), если известно, что молекулярная масса данного соединения 276, плотность $2,24\ \text{г/см}^3$, температура кипения $93\ ^\circ\text{C}$, растворимость при $20\ ^\circ\text{C}$ — $0,5\ \text{г/л}$.

Определив упругость пара, можно рассчитать летучесть вещества, которая составит $548,9\ \text{мг/л}$. По летучести моноклордибромтрифторэтана можно предположить, что исследуемое соединение склонно к испарению, и в производственных условиях максимальная концентрация его в воздухе может составить (при $20\ ^\circ\text{C}$) $548,9\ \text{мг/л}$. Однако окончательную гигиеническую оценку летучести вещества можно получить только при сопоставлении ее со среднесмертельной концентрацией.

Рассчитаем коэффициент растворимости $\lambda = 0,09$. Получим $\lambda = 0,09$. Малое значение λ свидетельствует о быстром насыщении артериальной крови до дей-

ствующих концентраций при ингаляционном поступлении и быстром выведении вещества через дыхательные пути. Потенциальная опасность острых отравлений велика.

Коэффициент распределения «масло/вода» составит 700, а это значит, что изучаемое вещество будет находиться в 6-й группе системы неэлектролитов и, следовательно, характеризоваться быстрым проникновением через клеточные мембраны, кожу и слизистые оболочки.

Пример 2: Сравним токсичность метилэтилкетона ($CL_{50} = 40$ мг/л, $Lim_{ca} = 1,5$ мг/л) и стирола ($CL_{50} = 35$ мг/л, $Lim_{ca} = 0,5$ мг/л).

Проведя расчеты, нетрудно убедиться в более широкой зоне острого действия у стирола ($S = 70$) по сравнению с метилэтилкетона ($S = 26,6$), следовательно, в меньшей его опасности.

Пример 3: Сравним возможности развития хронических интоксикаций фураном ($Lim_{ca} = 0,1$ мг/л, $Lim_{ch} = 0,01$ мг/л) и этиленамином ($Lim_{ca} = 0,01$ мг/л, $Lim_{ch} = 0,004$ мг/л).

Широкая зона хронического действия этиленамина ($S = 25$) характеризует его как вещество, обладающее большей способностью приводить к развитию интоксикации при длительном воздействии, чем фуран ($S = 10$).

Пример 4: Определить потенциальную опасность острого отравления для бензола и толуола по их термодинамическим концентрациям:

$CL_{50}(C)$ и $C_{20}(C)$ для бензола — 60 и 360,6 мг/л соответственно, для толуола — 40 и 105,3 мг/л.

Термодинамическая концентрация составит: толуола $A = 40/105,3 = 0,38$; бензола $A = 60/360,6 = 0,17$.

Полученные термодинамические концентрации показывают, что смертельная концентрация толуола составляет 38/100 от максимально достижимой, а для бензола только 16/100. Поэтому следует вывод о значительно более быстром образовании токсических концентраций бензола при равных условиях применения этих веществ.

Таким образом, чем больше термодинамическая концентрация, тем меньшую опасность представляет вещество. Вещества с $A \geq 1$ практически не смогут вызывать острого отравления. Ввиду их относительно малой летучести в воздухе не произойдет накопления опасных концентраций, близких к CL_{50} .

Пример 5: К какому разряду относится моноклордибромтрифторэтан, CL_{50} которого 22,5 мг/л.

$$A = CL_{50} / C_{20} = 22,5 / 548 = 0,04$$

В табл.6.2 величина этого отношения располагается в разряде III Б. Следовательно, это соединение благодаря высокой летучести по отношению к среднесмертельной концентрации является сильно токсичным промышленным ядом, способным вызвать острые отравления.

Таблица 6.2 – Токсичность химических веществ при ингаляционном и энтеральном путях поступления и степени опасности ингаляционных отравлений

Разряды по убывающей степени токсичности	Чрезвычайно токсичные	Высокотоксичные	Сильнотоксичные		Умереннотоксичные		Малотоксичные	Практически не токсичные
			III А	III Б	IV А	IV В		
CL ₅₀ , мг/мл	< 1	1-5	6-10	11-20	20-40	41-80	81-160	> 160
ПДК*, мкг/м ³	< 1	1-8	9-30	31-50	51-100	101-200	201-500	> 500
CL ₅₀ / CL ₂₀	< 0,003	0,003-0,01	0,011-0,03	0,031-0,10	0,11-0,30	0,31-0,99	Концентрация насыщения	
							Вызывает гибель	Не вызывает гибели
DL ₅₀ , мг/мл	< 1	1-50	51-150	151-500	501-1500	1501-5000	5001-15 000	> 15 000

*Ориентировочно.

Пример 6: Определим место «перелома» для альдегидов жирного ряда, если известны данные для пропионового альдегида C_T (или C_{20}) = 894,7 мг/л, C_{max} (или CL_{50}) = 20 мг/л и для капронового альдегида C_T (или C_{20}) = 43,8 мг/л, C_{max} (или CL_{50}) = 25 мг/л. Анализ полученного графика показывает, что «перелом» находится после шестиуглеродного атома, следовательно, альдегиды этого ряда с числом атомов углерода более шести не будут представлять опасности в отношении острых отравлений, так как их максимально достижимые концентрации меньше смертельных ($A < 1$). Построение подобных графиков возможно также при получении приближенных данных (CL_{50} , C_{20}) для неизвестных членов гомологического ряда.

3. Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Дать сравнительную токсикологическую характеристику следующим веществам:

гептафторизомасляной кислоте (CL_{50} = 34 мг/л) и бензойной кислоте (CL_{50} = 29 мг/л);

пентафториодэтану (CL_{50} = 330 мг/л) и стиролу (CL_{50} = 35 мг/л);

стиролу (CL_{50} = 35 мг/л) и винилацетату (CL_{50} = 4,7 мг/л);

винилацетату (CL_{50} = 4,7 мг/л) и иодиду изобутила (CL_{50} = 6,7 мг/л);

иодиду изобутила (CL_{50} = 6,7 мг/л) и бензолу (CL_{50} = 45 мг/л);

хлоропрена (CL_{50} = 2,3 мг/л) и винилацетата (CL_{50} = 4,7 мг/л);

гептафторизомасляной кислоте (CL_{50} = 34 мг/л) и пентафториодэтану (CL_{50} = 330 мг/л);

иодиду изобутила (CL_{50} = 6,7 мг/л) и винилацетату (CL_{50} = 4,7 мг/л);

пентафториодэтану ($CL_{50} = 330$ мг/л) и гептафторизомаляной кислоте ($CL_{50} = 34$ мг/л);

стиролу ($CL_{50} = 35$ мг/л) и диметилперфторциклохексил ($CL_{50} = 9,5$ мг/л).

Задание 2. В воздухе рабочей зоны одновременно присутствуют три вредных вещества однонаправленного действия. Даны фактические концентрации (C_1 и C_2) первых двух из этих веществ (табл. 6.4). Определить, какой должны быть фактическая концентрация третьего вещества (из трех прочих), чтобы соблюдались условия безопасности.

Таблица 6.4 – Исходные данные, мг/л:

Вещества	C_1	C_2
Сульфаты меди, кобальта и никеля	0,3	0,002
Кислоты соляная, серная и азотная	2	0,4
Фурфурол, метиловый и этиловый спирты	0,1	2
Диоксид серы, оксид углерода и пыль кварцсодержащая	3	7
Сульфаты кобальта, никеля и диоксид серы	0,003	0,1

Задание 3. Определить, какой должна быть концентрация вредного вещества в каждом из четырех случаев, чтобы соблюдались условия безопасности, если в воздухе рабочей зоны одновременно присутствуют диоксид азота и оксид углерода. Фактическая концентрация одного вещества известна. Указать, каким видом комбинированного действия обладают эти вещества.

1. $C_{NO_2} = 2,0$ мг/м³; 2. $C_{NO_2} = 0,6$ мг/м³; 3. $C_{CO} = 12,0$ мг/м³; 4. $C_{CO} = 4,0$ мг/м³.

4. Вопросы для самоконтроля

1. Назовите гигиенические показатели, на основании которых можно оценить потенциальную опасность химических веществ.

2. Дайте определение коэффициента растворимости.

3. Какой показатель свидетельствует о накоплении веществ в организме?

4. Перечислите показатели токсикометрии, которые свидетельствуют об опасности химического вещества.

5. Как оценивают зоны острого и хронического действия?

6. Дайте определение термодинамической активности. Для оценки каких свойств веществ используют этот показатель?

7. Токсичность химических веществ при ингаляционном воздействии.

Практическое занятие 7

Тема: Установление ПДК расчетным методом

Цель: Освоить методики ускоренного расчета ПДК в среде обитания и определить ПДК.

Форма проведения занятия – упражнения

1. Методические рекомендации по выполнению заданий

Для подготовки к решению задач рекомендуется изучение соответствующих тем [2, 7].

Предельно допустимая концентрация – норматив, определяющий опасность химических веществ, является барьерным показателем, устанавливаемым для профилактики загрязнения среды обитания.

ОБУВ — временный гигиенический норматив содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, определяемый по физико-химическим свойствам веществ или интерполяцией, экстраполяцией в рядах соединений, близких по строению или острой токсичности.

Известны эмпирические зависимости для расчета ПДК на основе ОБУВ.

Расчет ПДК (ОБУВ) в воздухе рабочей зоны

На основании изучения зависимостей токсичности веществ от их физико-химическими свойств Е. И. Люблина и А. А. Голубев вывели ряд эмпирических формул, применение которых дает возможность установить приблизительные значения ПДК.

Для ориентировочных расчетов ПДК высококипящих органических соединений, поступающих в воздушную среду рабочей зоны в виде аэрозолей, предложены формулы, которые используют известные показатели токсичности CL_{50} и DL_{50} .

$$\lg \text{ПДК} = 0,91 \lg CL_{50} + 0,1 + \lg M, \quad \lg \text{ПДК} = \lg DL_{50} - 3,1 + \lg M,$$

где $[\text{ПДК}] = \text{мг/м}^3$, $[CL_{50}, DL_{50}] = \text{ммоль/кг}$.

При расчете ОБУВ неорганических газов и паров в рабочий день можно воспользоваться формулой:

$$\lg \text{ОБУВ}_{\text{р.з}} = \lg CL_{50} + 0,4 + \lg M$$

или в упрощенном виде

$$\lg \text{ОБУВ}_{\text{р.з}} = 2,52 CL_{50}.$$

Для аэрозолей и оксидов металлов, малорастворимых соединений металлов

$$\lg \text{ОБУВ}_{\text{р.з}} = 0,851 \lg DL_{50} - 3,0 + \lg M - \lg N,$$

где DL_{50} — смертельная доза для 50 % мышей при внутрибрюшном введении и последующим наблюдении в течение недели, выраженная в миллиатомах на килограмм массы тела (мА/кг); N — число атомов металла в молекуле вещества.

Для расчета ориентировочных величин ПДК кадмиевых композиций на основе их электронно-информационного строения рекомендованы следующие формулы:

$$\lg \text{ПДК} = 0,851 \lg DL_{50} - 4,5 + \lg M \text{ — при содержании кадмия более 10\%;}$$

$$\lg \text{ПДК} = 0,851 \lg DL_{50} - 3,8 + \lg M \text{ — при содержании кадмия менее 10\%.}$$

Для растворимых солей металлов:

$$\lg \text{ОБУВ}_{\text{р.з}} = 0,71 \lg \text{Lim}_{\text{ca}} - 0,85.$$

В этих формулах $[\text{ПДК}] = \text{мг/м}^3$, $[DL_{50}] = \text{мА/кг}$, $[\text{Lim}] = \text{мг/кг}$.

Расчетные методы предусматривают установление ПДК по физико-химическим константам. Формулы для расчета ПДК химических веществ в воздухе рабочей зоны выведены методом регрессионного анализа. Для летучих органических соединений сугубо ориентировочные ПДК можно рассчитать по формулам:

$$\lg \text{ПДК} = -0,01M + 0,4 + \lg M, \quad \lg \text{ПДК} = 0,01t_{\text{кип}} + 0,6 + \lg M,$$

$$\lg \text{ПДК} = -2,2\gamma + 1,6 + \lg M,$$

где $t_{\text{кип}}$ — температура кипения; γ — плотность соединения.

Проводить расчеты по данным формулам можно лишь для тех органических веществ, физико-химические константы которых укладываются в следующие границы:

- молекулярная масса $M = 30 \dots 300$ г;
- плотность $\gamma = 0,6 \dots 2,0$ г/см³;
- температура кипения $t_{\text{кип}} = (-100 \dots 300)^\circ\text{C}$;
- температура плавления $t_{\text{пл}} = (-190 \dots +180)^\circ\text{C}$;
- показатель преломления $n = 1,3 \dots 1,6$.

Для получения более достоверных результатов необходимо провести расчеты по нескольким показателям, а затем найти среднее логарифмическое значение ПДК.

Данные формулы предусматривают внесение поправок на химическое строение таким образом, чтобы полученный $\lg \text{ПДК}$ был увеличен или уменьшен на величину соответствующей поправки (табл. 7.1.). Для веществ, действующих преимущественно не специфически, поправки имеют знак «+», а для веществ с выраженным специфическим действием — знак «-».

Таблица 7.1 – Поправки к расчетным значениям ориентировочно безопасного уровня воздействия (ОБУВ_{р.з.}), зависящие от химического строения вещества

Характеристика группы соединений	Поправка
Насыщенные алифатические углеводороды	+0,5
Насыщенные кетоны, спирты, простые и сложные эфиры жирного ряда	+0,5
Углеводороды циклические насыщенные и с бензольным кольцом (за исключением бензола и первых членов гомологического ряда)	+0,5
Соединения с тройной связью в прямой цепи	-0,5
Амины жирного ряда	-1,0
Анилин и его производные	-1,0
Ангидриды кислот	-1,0
Циклические соединения, содержащие в боковой цепи группу NO ₂	-1,0

Соединения с группой OH_2 в прямой цепи	-1,0
Наличие двойной или тройной связи вместе с активным элементом или группой (Cl, Br, I, NO_2 , OH)	-1,0
Вещества, содержащие эпоксигруппу	-1,5
Фосфорорганические соединения	-1,5
Альдегиды	-1,5
Соединения, отщепляющие группу CN	-2,0

Для веществ с резко выраженными специфическими и неспецифическими свойствами ориентировочные значения $\text{ПДК}_{\text{р.з}}$ отклоняются от узаконенных: для веществ неспецифического действия (с низкой химической активностью) расчетные величины оказываются заниженными, а преимущественно специфического действия (с выраженной химической активностью) — завышенными.

Ориентировочные ПДК веществ, находящихся в одних и тех же гомологических рядах с уже нормированными веществами, предложено рассчитывать по формуле:

$$\text{ПДК}_{\text{р.з}} = 1000M/\Sigma l_i,$$

учитывающей гомологический ряд соединения, его молекулярную массу и биологическую активность Σl_i , химических связей атомов в молекуле нормируемого вещества.

Расчет ПДК (ОБУВ) в атмосферном воздухе

Принцип нормирования атмосферных загрязнений предусматривает установление в первую очередь максимально разовых и среднесуточных ПДК . Расчет максимально разовых ПДК опирается на значение порогов рефлекторного действия, среднесуточные концентрации учитывают главным образом порог резорбтивного действия.

Расчет ПДК (ОБУВ) проводится по параметрам токсикометрии и (или) по физико-химическим свойствам вещества. Наибольшее приближение расчетных ориентировочных ПДК к экспериментально обоснованным отмечается, когда за исходную принимается экспериментально обоснованная ПДК в воздухе рабочей зоны этого же соединения. Определение ориентировочных максимально разовых (м.р.) и среднесуточных (с. с.) ПДК газов и паров органических соединений можно рассчитывать по следующим формулам:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{м.р}} = -1,78 + 18 \text{ДДК}_{\text{р.з}}, \lg \text{ПДК}_{\text{с.с}} = -2,0 + 0,861 \lg \text{ПДК}_{\text{р.з}}.$$

Применение нашли формулы для расчета ОБУВ, мг/м^3 , на атмосферный воздух химических соединений отдельных классов: альдегидов и кетонов — $\text{ПДК} = 0,0189 + 0,00165 \text{ПДК}_{\text{р.з}}$,

$$\lg \text{ПДК} = -2,34 + 0,0000132 \text{CL}_{50};$$

аминов жирного ряда — $\text{ПДК} = (0,0502 + 0,0471 \sqrt{\text{ПДК}_{\text{р.з}}})^2$; фосфорорганических пестицидов — $\lg \text{ПДК} = -1,79 + 0,693 \lg \text{ПДК}_{\text{р.з}}$;

металлов — $ПДК = 0,009 + 0,459ПДК_{p.3}$;

неорганических паров, газов, аэрозолей — $ПДК = (0,112 + 0,0268\sqrt{ПДК_{p.3}})^2$.

Ориентировочные величины ПДК можно прогнозировать также в зависимости от класса опасности вещества.

1-й класс опасности: $lgПДК = - 0,641 + 1,35lgПДК_{p.3}$;

2-й класс опасности: $lgПДК = - 1,99 + 0,1lgПДК_{p.3}$;

3-й класс опасности: $ПДК = - 0,00599 + 0,0115lgПДК_{p.3}$ при $ПДК_{p.3} \geq 2$ мг/м³, $ПДК = 0,0218 + 0,00772ПДК_{p.3}$ при $ПДК_{p.3} < 2$ мг/м³;

4-й класс опасности: $ПДК = (0,112 + 0,0649\sqrt{ПДК_{p.3}})^2$ -

Данные подходы применимы для прогноза токсичности и опасности вновь синтезируемых химических веществ и предсказания безвредных уровней путем применения формул, включая параметры острой токсичности. Метод мало пригоден для нормирования веществ, обладающих специфическим воздействием канцерогенных, мутагенных и т.д.

Расчет ПДК (ОБУВ) в водоеме санитарно-бытового водопользования

В настоящее время расчетный метод прогнозирования ПДК в воде водоемов распространяется на вещества, для которых есть убедительные основания полагать лимитирующим санитарно-токсикологический показатель вредности. Если же приходится предполагать лимитирующие показатели вредности (органолептический, общесанитарный), то возникает необходимость постановки соответствующих экспериментов.

Предложены уравнения для расчета не ПДК, а максимально недействующей дозы (МНД), мг/кг. На основании МНД с учетом массы тела человека и суточного потребления воды определяется максимально недействующая концентрация (МНК), мг/л:

$МНК = 60МНД$ (масса тела человека): 3.

В этой формуле 60 — масса тела человека, кг; 3 — суточное потребление воды, л.

Величина МНД рассматривается как вероятностный показатель определения ПДК в воде водоемов с учетом влияния на органолептические свойства воды и санитарный режим водоемов.

Для расчета МНД используются, например, формулы:

$lgМНД = 0,60lgПДК_{p.3} - 1,31$,

$lgМНД = 0,45CL_{50} - 1,55$,

$lgМНД = 0,64lgПДК_{c.c} + 0,08$.

Рекомендованы формулы для соединений:

фосфорорганических — $lgМНД = lgПДК_{p.3} - 0,54$,

производных бензола — $lgМНД = - 2,9801 - 0,0005DL_{50}$,

нитросоединений — $lgМНД = - 3,27 - 0,857 DL_{50}$,

металлов — $МНД = - 0,0268 + 29,8ПДК_{c.c}$

Расчет ПДК (ОБУВ) в почве

В основу нормирования содержания пестицидов в почве положен учет перехода в биологических цепях «почва—растение—человек»; «почва—атмосферный воздух—человек». В средах, контактирующих с почвой, не должны создаваться концентрации, превышающие ПДК.

Ориентировочные ПДК для почвы рассчитывают на основе ПДК соответствующего пестицида в овощах или плодовых культурах по формуле:

$$\text{ОБУВ}_{\text{почва}} = 1,23 + 0,48 \lg \text{ПДК}_{\text{продукта}}$$

Если для овощных и плодовых культур установлено несколько нормативов, то в расчет берется минимальное значение. Когда содержание остаточных количеств пестицидов в растениях не допускается, для расчета принимается утвержденный метод определения чувствительности данного препарата в растениях. Рассчитывается ОБУВ в почве при ПДК продукта или чувствительности метода определения, начиная с 0,003 мг/кг.

Расчет ПДК (ОБУВ) в пищевых продуктах

Предложены формулы для расчета допустимых остаточных веществ (ДОК) химических веществ в продуктах питания. При этом необходимо помнить, что полученное ДОК вещества не должно влиять на органолептические показатели и пищевую ценность продукта.

Предложены формулы для расчета ДОК, мг/кг, пестицидов по параметрам токсичности:

$$\text{ДОК} = 0,13 \cdot 10^{-2} DL_{50} + 0,76.$$

Рекомендуется определять ДОК по величине экспериментально установленного гигиенического норматива в воде, мг/л, для химических веществ разных классов:

$$\text{фосфорорганических} \text{ — ДОК} = 1,45 \text{ПДК} + 0,68,$$

$$\text{хлорорганических} \text{ — ДОК} = 2,2 \text{ПДК} + 0,33.$$

Расчетные значения допустимого содержания пестицидов в продуктах питания дают сугубо ориентировочное представление и, конечно, не могут удовлетворить требованиям точности. Широкая вариабельность нормативов в данном случае обусловлена коэффициентом запаса, вводимым исследователями при установлении величины ДОК. Кроме того, при сопоставлении нормативов химических веществ в пищевых продуктах с нормативами в других средах корреляционные зависимости нарушаются в связи с тем, что для множества пестицидов рекомендуется полное отсутствие препарата в пище, тогда как в других средах ПДК составляет определенную, иногда значительную, величину.

2. Примеры выполнения заданий

Пример 1: Определим ПДК для монохлордибромтрифторэтана, если известно, что $CL_{50} = 22,2$ мг/л.

Вначале выразим CL_{50} в миллимолях на литр с учетом того, что

$$1 \text{ ммоль/л} = 1 \text{ мг/л} / M = 22,2/276 = 0,08$$

Подставив найденные значения в формулы:

$$\lg \text{ПДК} = 0,91 \lg 0,08 + 0,1 + \lg 276,$$

получим

$$\lg \text{ПДК} = 1,548 \text{ и } \text{ПДК} = 35 \text{ мг/м}^3.$$

Пример 2: Определить ПДК оксида этилена, у которого $M = 44$, $\gamma = 0,887$ г/см³, $t_{\text{кин}} = 10,7$ °С.

Подставим исходные данные в соответствующие формулы и вычислим средний $\lg \text{ПДК}_{\text{р.з}}$:

$$\lg \text{ПДК}_{\text{р.з}} = (1,60 + 2,13 + 1,29) : 3 = 1,67.$$

Для соединений, содержащих эпоксигруппу, предусмотрена поправка - 1,5, с учетом которой

$$\lg \text{ПДК}_{\text{р.з}} = 1,67 - 1,5 = 0,17.$$

Таким образом, $\text{ПДК}_{\text{р.з}} = 1,48 \text{ мг/м}^3$ (узаконенная $\text{ПДК}_{\text{р.з}} = 1 \text{ мг/м}^3$).

3. Задания для самостоятельной работы

Задание 1

Определить ПДК ацетона, бензилового спирта, изовалериановой кислоты, гексана, глицерина, диоксина, диэтиламина, анилина, уксусного ангидрида, трихлорэтилена в воздухе рабочей зоны по физико-химическим характеристикам. Исходные данные – см. табл. 7.2. Для решения задачи необходимо внимательно изучить пример расчета, приведенный в пособии. Физико-химические константы веществ следует выписать из справочной литературы [8].

Таблица 7.2 – Исходные данные веществ № 1-5

Вещество	$\text{ПДК}_{\text{р.з}}$	КВНО	DL_{50}^x	CL_{50}	DL_{50}^x	$S_{c/c}$	$S_{c/h}$
1	0.02	340	360	400	240	13	3
2	800	2.4	1500	60 000	3000	58	2.5
3	20	58	14	1700	400	14	6
4	3	2.0	380	456	690	79	27
5	17	32	225	3000	2200	5	7

Задание 2

Определить ПДК фенола, сульфата натрия, сбрасываемых со сточными отходами Байкальского ЦБК в озеро Байкал.

Задание 3

Сравнить ПДК одного и того же вещества для воздуха рабочей зоны, атмосферного воздуха населенных мест, воды и почвы. Объяснить их различия.

Задание 4

В локомотивном депо произошел разлив 32 т трихлорэтилена из цистерны, стоящей на улице. Продукт загрязнил почву, подтек в здание и смотровые канавы депо. Это было летом в жаркий день.

Через короткое время часть работников потеряла сознание. По прошествии 45 мин от происшествия администрация приказала прекратить работу и покинуть здание.

Рассчитать ПДК в воде, используемой для слива реагента, в исследуемом воздухе, в почве.

4. Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение ПДК.
2. Дайте определение ОБУВ.
3. Порядок определения ПДК на основании изучения зависимостей токсичности веществ от физико-химических свойств.
4. По каким параметрам проводится расчет ПДК веществ в атмосферном воздухе?
5. Расчетный метод прогнозирования ПДК в воде водоемов.
6. Что положено в основу нормирования содержания пестицидов в почве?
7. Принципы расчет ПДК веществ в пищевых продуктах.

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется после рассмотрения на практических занятиях соответствующих тем в форме тестовых заданий по отдельным темам в начале следующего практического занятия и занимает не более 7 – 10 минут.

Оценивание осуществляется по следующим критериям:

«Отлично» - 90-100 % правильных ответов в тесте;

«Хорошо» - 70-90 % правильных ответов в тесте;

«Удовлетворительно» - 50-70 % правильных ответов в тесте;

«Неудовлетворительно» - менее 50 % правильных ответов в тесте.

Кроме того, к началу следующего занятия студенты должны самостоятельно решить задачи из предложенных в учебно-методическом пособии практических заданий после изучения соответствующей темы. Оценка «зачтено» выставляется студенту, если количество правильных ответов составляет 50 и более %; оценка «не зачтено» выставляется студенту, если количество правильных ответов менее 50 %.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Занько, Н.Г. Медико-биологические основы безопасности: учеб. / Н. Г. Занько, В. М. Ретнев; рец.: К. Р. Малаян, Н. С. Шляхецкий. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва: Академия, 2013. - 256 с.
2. Сотникова, Е.В. Техносферная токсикология: учеб. пособие / Е. В. Сотникова, В. П. Дмитренко; рец.: Б. С. Ксенофонтов и др. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2013. - 340 с.
3. Свиридова, И.А. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс]: практикум / И.А. Свиридова, Л.С. Хорошилова. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2011. - 139 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
4. Гетия И.Г. Безопасность при работе на ПЭВМ – Москва: МГАПИ, 2006. - 62 с.
5. МУК 4.1.2468-09 Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности. - Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 22 с.
6. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. - Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. – 107 с.
7. Занько, Н.Г. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: лаб. практикум / Н. Г. Занько, В. М. Ретнев . - 2-е изд., стер. - Москва: Академия, 2007. - 256 с.
8. Краткий химический справочник / Под ред. В. А. Рабиновича. – Ленинград: Химия, Ленингр. отд-ние, 1978. – 392 с.

Локальный электронный методический материал

Титаренко Ирина Жоржевна

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Редактор И. Голубева

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л. 4,6. Печ. л. 4,0.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1