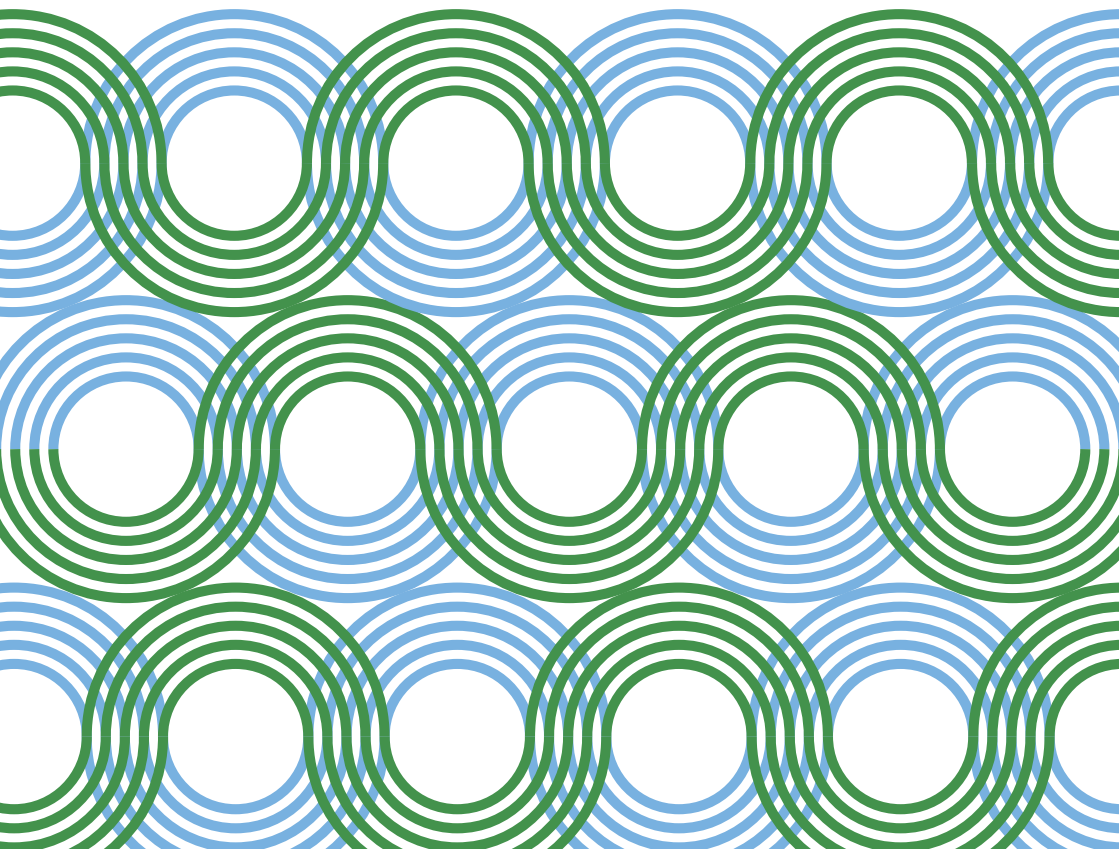


Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева

Д.Ю. Мартынов, Т.М. Джанчаров,
Н.В. Лагутина, А.Н. Насонов

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Российский государственный аграрный университет —
МСХА имени К.А. Тимирязева

Д.Ю. Мартынов, Т.М. Джанчаров,
Н.В. Лагутина, А.Н. Насонов

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по дисциплине «Методы исследований и обработка
информации в природопользовании», для подготовки
бакалавров по направлению ФГОС ВО: 05.03.06
«Экология и природопользование»



Москва
2022

УДК 502.175
ББК 20.18
М 29

Рецензент:

Цветков Илья Викторович, д.т.н., профессор кафедры общей математики и математической физики (ФГБОУ ВО «Тверской Государственный Университет»).

Д.Ю. Мартынов, Т.М. Джанчаров, Н.В. Лагутина, А.Н. Насонов

М 29 Методы определения качества воздушной среды. Учебно-методическое пособие по дисциплине «Методы исследований и обработка информации в природопользовании», для подготовки бакалавров по направлению ФГОС ВО: 05.03.06 «Экология и природопользование». — М.: ДПК Пресс, 2021. — 120 с., илл. — ISBN 978-5-91976-228-7

Авторы:

Мартынов Дмитрий Юрьевич, к.т.н., доцент кафедры экологии (ФГБОУ ВО «Российский Государственный Аграрный Университет — МСХА имени К.А. Тимирязева»). Электронная почта: dmrwmc@rgau-msha.ru

Джанчаров Турмушбек Мурзабекович, к.б.н., доцент кафедры экологии (ФГБОУ ВО «Российский Государственный Аграрный Университет — МСХА имени К.А. Тимирязева»). Электронная почта: tdzhancharov@rgau-msha.ru

Лагутина Наталия Владимировна, к.т.н., доцент кафедры экологии (ФГБОУ ВО «Российский Государственный Аграрный Университет — МСХА имени К.А. Тимирязева»). Электронная почта: nlagutina@rgau-msha.ru

Насонов Андрей Николаевич, к.т.н., доцент кафедры управления недвижимостью и развитием территорий (ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»). Электронная почта: adn22@yandex.ru

УДК 502.175
ББК 20.18

© Д.Ю. Мартынов, Т.М. Джанчаров,
Н.В. Лагутина, А.Н. Насонов
© Издательство «ДПК Пресс», 2022

ISBN 978-5-91976-228-7

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Мониторинг атмосферного воздуха	7
2. Системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ	18
3. Российские автоматические станции мониторинга атмосферного воздуха	38
4. Экологические нормативы загрязнения атмосферного воздуха, используемые в расчетах	49
5. Показатели, определяющие состояние атмосферного воздуха в населенных пунктах	59
6. Расчетное моделирование уровня загрязнения воздуха внутри помещения при его очистке с помощью воздухоочистителей, естественной и искусственной вентиляции	70
7. Нормирование шума в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки	85
8. Методы расчета допустимых уровней электромагнитного излучения в рамках действующих санитарных правил и гигиенических нормативов	97
9. Методы радиационного контроля воздушной среды	104
Выводы	117

ВВЕДЕНИЕ

Целью разработки учебного пособия является освещение разделов дисциплины «Методы исследований и обработка информации в природопользовании» связанных с негативным воздействием на воздушную среду. Учебное пособие в рамках дисциплины «Методы исследований и обработка информации в природопользовании» направлено на решение задач подготовки бакалавров по направлению 05.03.06 «Экология и природопользование» связанных с: овладением базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом экологических наук; методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации; подготовкой бакалавров способных решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий.

Учебное пособие включает в себя курс лекций по дисциплине «Методы исследований и обработка информации в природопользовании», связанных с изучением и определением уровня негативного воздействия на воздушную среду населенных мест, жилых и рабочих помещений. Учебное пособие дополнено практически, расчетными заданиями. Каждый раздел содержит отдельный библиографический список с описанием использованных и цитируемых, в данном разделе, литературных источников и документов.

Учебное пособие содержит лекции и практические задания, способствующие освоению разделов дисциплины «Методы исследований и обработка информации в природопользовании»

связанных с: мониторингом и экологическими исследованиями атмосферного воздуха и техногенных газо-воздушных выбросов; изучением автоматизированных приборов контроля качества атмосферного воздуха; изучением показателей и экологических нормативов, определяющих загрязнение атмосферного воздуха; расчетным моделированием уровня загрязнения воздуха внутри помещения при его очистке с помощью воздухоочистителей, естественной и искусственной вентиляции; нормированием уровня шумового воздействия в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки; методами измерения электромагнитного излучения и расчетом допустимых уровней электромагнитного излучения в рамках действующих санитарных правил и гигиенических нормативов; изучением методов радиационного контроля воздушной среды.

Использование учебного пособия «Методы определения качества воздушной среды» в рамках учебной дисциплины «Методы исследований и обработка информации в природопользовании», по направлению 05.03.06 «Экология и природопользование», направленности «Природопользование», способствует формированию у обучающихся следующих компетенций:

- ОПК-1: владение базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом экологических наук, обработки информации и анализа данных по экологии и природопользованию.
- ОПК-9: способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
- ПК-21: владение методами геохимических и геофизических исследований, общего и геоэкологического картографирования, обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной геоэкологической информации, методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации.

1. МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Согласно словарю медицинских терминов, **воздушная среда** — компонент среды обитания человека, представляющий собой некоторый объем окружающего воздуха, состав и свойства которого оказывают непосредственное влияние на физиологические процессы и подлежат гигиеническому нормированию [1]. Непосредственное влияние на состояние воздушной среды оказывает **атмосферный воздух** — жизненно важный компонент окружающей среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений [2]. Реализация конституционных прав граждан на благоприятную окружающую среду невозможно без предотвращения:

- **загрязнения атмосферного воздуха** — поступления в атмосферный воздух или образование в нем загрязняющих веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха [2];
- **вредного физического воздействия на атмосферный воздух** — вредного воздействия шума, вибрации, ионизирующего излучения, температурного и других физических факторов, изменяющих температурные, энергетические, волновые, радиационные и другие физические свойства атмосферного воздуха, на здоровье человека и окружающую среду [2].

Государственное управление в области охраны атмосферного воздуха основывается на следующих принципах [2]:

- приоритет охраны жизни и здоровья человека, настоящего и будущего поколений;
- обеспечение благоприятных экологических условий для жизни, труда и отдыха человека;
- недопущение необратимых последствий загрязнения атмосферного воздуха для окружающей среды;
- обязательность государственного регулирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на него;
- гласность, полнота и достоверность информации о состоянии атмосферного воздуха, его загрязнении;
- научная обоснованность, системность и комплексность подхода к охране атмосферного воздуха и охране окружающей среды в целом;
- обязательность соблюдения требований законодательства Российской Федерации в области охраны атмосферного воздуха, ответственность за нарушение данного законодательства.

Законодательство Российской Федерации в целях обеспечения охраны окружающей среды предусматривает создание **Единой системы государственного экологического мониторинга** (государственного мониторинга окружающей среды) [3].

В состав Единой системы государственного экологического мониторинга в том числе входят подсистемы:

- государственного мониторинга атмосферного воздуха;
- государственного мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации.

Задачами единой системы государственного экологического мониторинга являются:

- регулярные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, изменениями состояния окружающей среды;
- хранение, обработка (обобщение, систематизация) информации о состоянии окружающей среды;

- анализ полученной информации в целях своевременного выявления изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и (или) антропогенных факторов, оценка и прогноз этих изменений;
- обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, граждан информацией о состоянии окружающей среды.

Мониторинг и экологические исследования природных и антропогенных экосистем в Российской Федерации проводятся специально уполномоченными федеральными и региональными органами власти. Полномочиями в данной области обладают федеральные структуры: Ростехнадзор; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; Федеральное агентство по недропользованию; Федеральное агентство водных ресурсов; Федеральное агентство лесного хозяйства; Роспотребнадзор. Так, Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по управлению государственным имуществом и оказанию государственных услуг в области мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды [4, 5]. А ведение единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации и ее функциональных подсистем осуществляется Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также федеральными органами исполнительной власти и Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» [5, 6]. Комплексные экологические исследования природных и антропогенных экосистем также обязаны проводить региональные министерства, или департаменты, уполномоченные вести постоянный мониторинг состояния окружающей среды в каждом из субъектов Российской Федерации.

Согласно Федеральному закону № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» **мониторинг атмосферного воздуха**, это система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнением и за происходящими в нем природными явлениями, а также оценка

и прогноз состояния атмосферного воздуха, его загрязнения [2].

Базовым направлением при мониторинге и экологических исследованиях атмосферного воздуха является, изучение атмосферных, погодных явлений, качества и загрязненности атмосферного воздуха в режиме реального времени [3].

Современные технические решения, связанные с функционированием систем мониторинга атмосферного воздуха, могут быть рассмотрены на примере комплексной системы мониторинг атмосферного воздуха созданной в городе Москве [8].

В Москве контролем за состоянием атмосферного воздуха и определением сверхнормативных выбросов загрязняющих веществ занимается Государственное природоохранное бюджетное учреждение «Мосэкомониторинг» входящее в Департамент природопользования и охраны окружающей среды.

Качество атмосферного воздуха в Москве контролируется сетью из 56 стационарных и подвижных **автоматических станций контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА)**, которая в том числе включает 4 мобильные станции, 6 станций на территории ТиНАО, 3 высотных станции на Останкинской телебашне, 1 станцию за чертой города Москвы.

АСКЗА расположены на всей территории города Москвы и охватывают все функциональные зоны: территории, находящиеся под влиянием крупных автодорог, спальные районы, фоновые территории, удалённые от источников выбросов, а также территории, подверженные влиянию выбросов крупных промышленных объектов (Рис. 1.1).

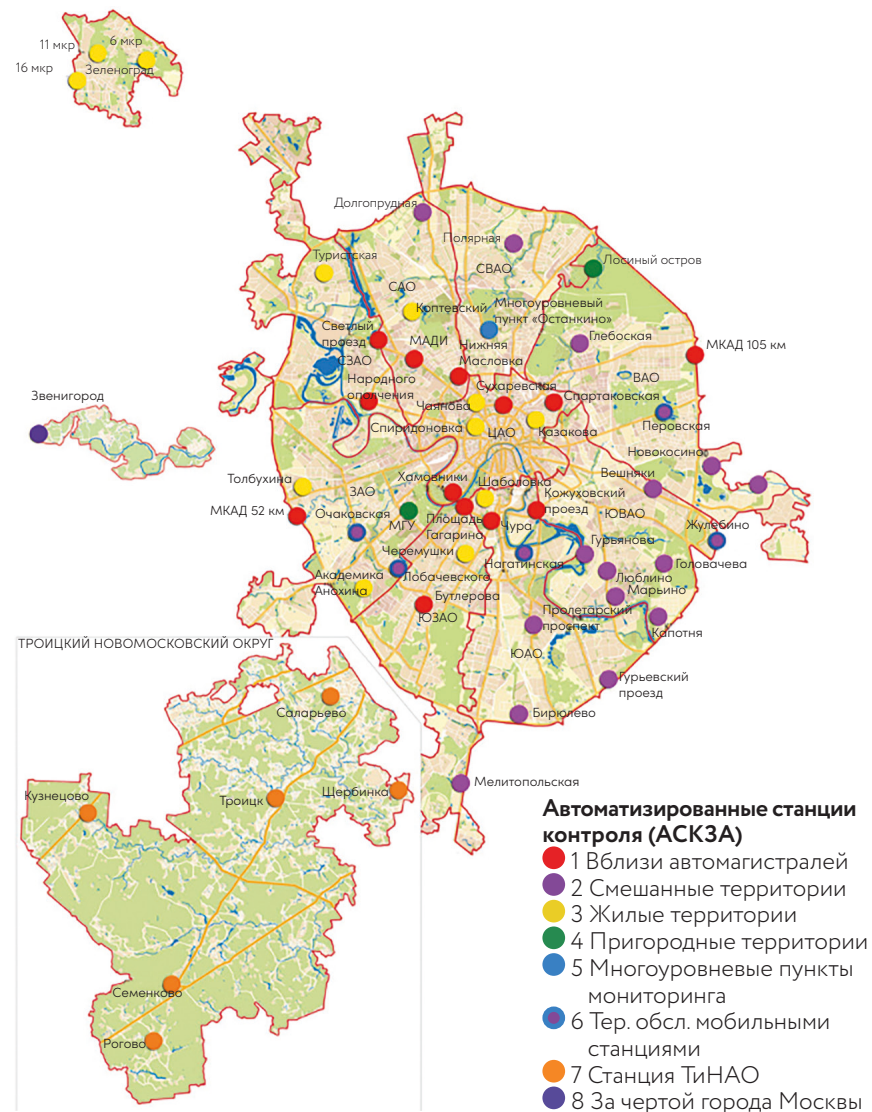


Рис. 1.1. Схема расположения автоматических станций контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА)

Количество автоматических станций контроля загрязнения атмосферы, места их расположения и перечень контролируемых загрязняющих веществ соответствуют требованиям нормативных документов Российской Федерации по мониторингу загрязнения атмосферного воздуха рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), касающимся методов и средств контроля качества атмосферного воздуха, количества контролируемых параметров, обеспеченности городской территории автоматическими станциями, и Директиве Европейского парламента и Совета от 21 мая 2008 года о качестве окружающего воздуха и более чистом воздухе для Европы [9, 10]. Измерения на станциях осуществляются в соответствии с федеральными требованиями к единству средств измерений, приборы регулярно калибруются и проходят поверку [11, 12]. Приборы ГПБУ «Мосэкомониторинг» проходят межлабораторные сравнительные испытания.

С 2003 года на различных типах территорий организован мониторинг взвешенных веществ PM_{10} , с 2013 г. — $PM_{2,5}$. Ежегодно происходит увеличение количества станций контроля. В 2018 г. Измерение взвешенных веществ PM_{10} проводилось на 29 АСКЗА, $PM_{2,5}$ — на 20 АСКЗА. С конца 2013 года проводятся работы по гравиметрическому определению концентраций взвешенных частиц. Характерные для выбросов большинства антропогенных источников загрязняющие вещества, оксид углерода (CO), диоксид азота (NO_2), оксид азота (NO), сумма углеводородных соединений (CH_x), озон (O_3), взвешенные частицы PM_{10} и $PM_{2,5}$, диоксид серы (SO_2), контролируются на всей территории города. Содержание специфических веществ, сероводорода (H_2S), аммиака (NH_3) контролируется вблизи источников выбросов. На Третьем транспортном кольце измеряется 16 загрязняющих веществ (в том числе формальдегид, фенол, бензол, толуол, стирол, этилбензол) [13]. Автоматизированный за концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, дополняет контроль метеорологических параметров, влияющих на условия рассеивания вредных примесей. Автоматические станции фиксируют такие параметры, как скорость и направление ветра, температура, давление и влажность воздуха (Рис. 1.2.).



Рис. 1.2. Автоматическая станция контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА)

С Останкинской телебашни, на которой находится высотный пункт измерений, поступают данные о профиле температуры и направлении ветра до высоты 503 м, а также о давлении, влажности и температуре «точки росы» на приземном уровне. Функционируют автоматические осадкомеры, два температурных профилера, которые в режиме реального времени измеряют профили температуры, ветра и позволяют определить интенсивность вертикального перемешивания воздуха, а также высоту слоя перемешивания. Осуществляется мониторинг наблюдений радиационных характеристик в приземном слое атмосферы по средствам актинометрического комплекса, включающий в себя комплект стационарного и переносного оборудования. Датчики актинометрического комплекса позволяют круглосуточно, в режиме реального времени контролировать солнечную радиацию в различных диапазонах длин волн. Данные о загрязнении атмосферного воздуха от АСКЗА

и метеорологического оборудования в режиме реального времени поступают в Единый городской фонд данных экологического мониторинга. В информационно-аналитическом центре осуществляется хранение, анализ и обработка данных мониторинга. Ежедневно проводятся работы по обеспечению качества данных. Деятельность по обеспечению качества включает в себя обеспечение качества измерений (эксплуатацию средств измерений) и ежедневный, еженедельный, ежемесячный контроль качества данных (более 51 тыс. показателей за сутки), ежегодную ратификацию данных. Созданное программное обеспечение позволяет оперативно выявлять нарушение установленных нормативов допустимого содержания загрязняющих веществ в атмосфере.

В соответствии с Законом города Москвы № 65 «Об экологическом мониторинге в городе Москве» и постановлением Правительства Москвы № 866-ПП «О функционировании Единой системы экологического мониторинга и практическом использовании данных экологического мониторинга» наиболее значимые с точки зрения антропогенного воздействия на окружающую среду промышленные предприятия обязаны создать на организованных источниках выбросов загрязняющих веществ, автоматизированные системы прямых инструментальных измерений выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [14, 15]. Автоматизированные **системы локального экологического мониторинга** обеспечивают непрерывный автоматический контроль основных характеристик и величины выбросов загрязняющих веществ, таких как диоксид и оксид азота, оксид углерода, хлористый водород, сумма взвешенных веществ, диоксид серы, сероводород, расход, линейной скорости и температуры отходящих дымовых газов. Предприятия, оснащенные автоматизированными системами контроля параметров выбросов загрязняющих веществ, определяется индивидуально с учётом состава выбросов промышленного предприятия. Результаты измерений передаются в режиме реального времени в информационно-аналитический центр Единой государственной системы экологического мониторинга города Москвы, функции которого выполняет государственное природоохранное бюджетное учреждение «Мосэкомониторинг».

По состоянию на конец 2018 г. Системами локального экологического мониторинга оснащены 55 промышленных предприятий Москвы, в том числе: 51 предприятие теплоэнергетического комплекса (11 московских ТЭЦ, 40 районных тепловых станций), 3 мусоросжигательных завода и одно нефтеперерабатывающее предприятие АО «Газпромнефть-МНПЗ». Применение систем локального экологического мониторинга, за период времени начиная с 2010 года позволило организовать новый качественный уровень автоматизированного контроля и учета выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями города Москвы, что позволило в течении семи лет уменьшить на несколько порядков долю ежегодных валовых выбросов с их территории [8].

Контрольные вопросы по разделу:

1. Поясните термин — воздушная среда.
2. Поясните термин — атмосферный воздух.
3. Поясните словосочетания — загрязнение атмосферного воздуха вредное физическое воздействие на атмосферный воздух.
4. Какие задачи ставятся перед единой системой государственного экологического мониторинга.
5. Раскройте термин — мониторинг атмосферного воздуха.
6. Какие измерения проводят автоматические станции контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА).
7. Для каких целей создают системы локального экологического мониторинга.

Библиографический список

1. Словарь медицинских терминов онлайн [Электронный ресурс]. URL: https://medicinskie-terminy.slovaronline.com/5795-VOZDUSHNAYA_SREDA (дата обращения: 30.03.2020).
2. Об охране атмосферного воздуха : Федеральный закон Рос. Федерации от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ : принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 2 апреля 1999 г. : одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 22 апреля 1999 г. // Доступ

- из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22971/
3. Об охране окружающей среды : Федеральный закон Рос. Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ : принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 декабря 2001 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 26 декабря 2001 г. // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/
 4. О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха : Федеральный закон Рос. Федерации от 26 июля 2019 г. № 195-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 17 июля 2019 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 23 июля 2019 г. // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_329955/
 5. О Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды : утв. постановлением Правительства РФ от 23 июля 2004 г. № 372 // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_48594/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/
 6. Об использовании атомной энергии : Федеральный закон Рос. Федерации от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ : принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 октября 1995 г. // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8450/
 7. О государственном мониторинге радиационной обстановки на территории Российской Федерации : утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 10 июля 2014 г. № 639 // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165525/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/
 8. Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2018 году» / Под ред. А.О. Кульбачевского. — М.: ДПиООС; НИиПИ ИГСП: ООО «Студио Арроу», 2019. — 247 с.

9. Загрязнение воздуха [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. URL: <https://www.who.int/airpollution/ru/>
10. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe OJ L 152, 11.6.2008, p. 1-44.
11. Об обеспечении единства измерений : Федеральный закон Рос. Федерации от 26.06.2008 № 102-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 11 июня 2008 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 18 июня 2008 г. // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/
12. Об утверждении формы федерального статистического наблюдения с указаниями по ее заполнению для организации Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека федерального статистического наблюдения за санитарным состоянием субъекта Российской Федерации: Приказ Росстата от 24 декабря 2019 г. № 800 // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_341587/
13. Качество воздуха города Москвы [Электронный ресурс] // Государственное природоохранное бюджетное учреждение «Мосэкомониторинг». URL: <https://mosecom.mos.ru/vozdux/>
14. Об экологическом мониторинге в городе Москве: Закон города Москвы от 20 октября 2004 г. №65 // Доступ из справ. — правовой системы «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/382169/>
15. О функционировании Единой системы экологического мониторинга и практическом использовании данных экологического мониторинга: утв. постановлением Правительства Москвы от 8 ноября 2005 г. № 866-ПП // Доступ из справ. — правовой системы «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/384154/>

2. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Приказом Минприроды России № 425 утвержден перечень измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и выполняемых при осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды, и обязательных метрологических требований к ним, в том числе показателей точности измерений, который определяет содержание значений предельно допустимых погрешностей в абсолютных величинах при выборе методики измерений концентраций и сопутствующих измерений состояния и загрязнения воздушной среды (таблица 2.1.) [1].

Таблица 2.1.

Значения предельно допустимых погрешностей в абсолютных величинах при выборе методики измерений концентраций и сопутствующих измерений состояния и загрязнения воздушной среды

№ п/п	Измерения	Обязательные метрологические требования к измерениям	
		диапазон измерений	предельно допустимая погрешность
Основные измерения состояния и загрязнения воздушной среды			
1	Измерение концентрации органических и неорганических веществ:	от 10^{-7} до 100 мг/м^3	$\delta = \pm(10...25)\%$
2	В атмосферном воздухе для стойких органических загрязнителей, полиароматических углеводородов, летучих органических соединений, массовой	от 10^{-10} до 10^{-7} мг/м^3	$\delta = \pm(25...72)\%$
3	В атмосферном воздухе массовой	от 10^{-7} до 100 мг/м^3	$\delta = \pm(10...25)\%$
4	В промышленных выбросах в атмосферу массовой, мг/м^3 , (млн.^{-1})	от 10^{-7} до 50000 мг/м^3 от 10^{-7} до 50000 млн.^{-1}	$\delta = \pm(8...25)\%$
5	В атмосферных осадках массовой, мг/м^3	от $0,5 \cdot 10^{-9}$ до 50 мг/дм^3	$\delta = \pm(5...80)\%$
6	Измерение мощности дозы гамма-излучения	От $0,5 \cdot 10^{-8}$ до 10^{-1} Зв/ч	$\delta = \pm(15...30)\%$
Измерение плотности выпадений радионуклидов из атмосферы на подстилающую поверхность за сутки, месяц, квартал, год:			
7	Суммарная бета активность радиоактивных атмосферных выпадений	от $0,4$ до 10^6 Бк/м^2	$\delta = \pm(15...30)\%$
8	Выпадения гамма-излучающих радионуклидов (гамма-спектрометрия)	от $0,01$ до 10^6 $\text{Бк/м}^2 \cdot \text{сут.}$	$\delta = \pm(15...30)\%$

Продолжение таблицы 2.1.

№ п/п	Измерения	Обязательные метрологические требования к измерениям	
		диапазон измерений	предельно допустимая погрешность
9	Выпадения бета-излучающих радионуклидов (изотопы стронция, радиоизотопный анализ),	от 0,02 до 10 ⁶ Бк/м ² ·сут.	$\delta = \pm(15...30)\%$
Измерение удельной (объемной) активности радионуклидов в атмосферном воздухе:			
10	Суммарная бета-активность радионуклидов	от 0,1 до 10 ⁵ Бк/м ³	$\delta = \pm(15...30)\%$
11	Активность гамма-излучающих радионуклидов (гамма-спектрометрия)	от 10 ⁻⁷ до 10 ⁵ Бк/м ³	$\delta = \pm(15...30)\%$ в диапазоне энергий от 50 кэВ до 3 МэВ
12	Активность бета-излучающих радионуклидов (изотопы стронция),	от 10 ⁻⁸ до 10 ⁵ Бк/м ³	$\delta = \pm(15...30)\%$
13	Активность альфа-излучающих радионуклидов (изотопы плутония, радиоизотопный анализ)	от 10 ⁻⁹ до 10 ⁵ Бк/м ³	$\delta = \pm(15...30)\%$
Сопутствующие измерения состояния и загрязнения воздушной среды			
14	Измерение массы вещества	от 10 ⁻⁶ до 10000 г	$\delta = \pm(1...5)\%$
15	Измерение объема пробы,	от 10 ⁻⁶ до 10 ⁶ м ³	$\delta = \pm 5\%$
16	Измерение времени, с	от 1 до 3 · 10 ⁶ с	$\delta = \pm(2...10)\%$
17	Измерение температуры, атмосферного воздуха	от минус 50 до 60 °С	$\delta = \pm 0,5\%$
18	Измерение температуры, промышленные выбросы	от минус 50 до 1300 °С	$\delta = \pm(0,5...10)\%$
19	Измерение скорости газопылевых потоков V, м/с	от 1 до 100 м/с	$\delta = \pm(4...25)\%$
20	Измерение скорости воздушных потоков технических устройств, V	от 0,1 до 25 м/с	$\Delta = \pm(0,1...3) \text{ м/с}$

Продолжение таблицы 2.1.

№ п/п	Измерения	Обязательные метрологические требования к измерениям	
		диапазон измерений	предельно допустимая погрешность
21	Измерение влажности атмосферного воздуха	от 10% до 98%	$\Delta = \pm(2...10) \%$
22	Измерение давления, атмосферного воздуха	от 0,6 · 10 ⁵ до 1,1 · 10 ⁵ Па	$\Delta = \pm 30 \text{ Па}$
23	Измерение давления, промышленных выбросов	от 0,4 · 10 ⁵ до 1,1 · 10 ⁵ Па	$\Delta = \pm(100...3000) \text{ Па}$ при температуре от 0 до 60 °С; $\Delta = \pm 1000 \text{ Па}$ при температуре от -20 до 0 °С
24	Измерение водородного показателя, воды, атмосферных осадков	от 1 до 14 ед. рН	$\Delta = \pm(0,05...0,2)$
25	Измерение дельной электропроводности воды, атмосферных осадков	от 2 до 10000 мкСм/см	$\delta = \pm(5...20)\%$
26	Измерение скорости ветра (V), м/с	от 0,6 до 60 м/с	$\Delta = \pm(0,3+0,5V) \text{ м/с}$
27	Измерение направления ветра, градус	от 0° до 360°	$\Delta = \pm 10^\circ$
28	Измерение шума: уровень звука (эквивалентный уровень звука, максимальный уровень звука), дБ	от 18 до 150 дБ	$\delta = \pm 20\%$
29	Измерение электромагнитного поля промышленной частоты напряженность электрического поля, кВ/м	от 0,01 до 100 кВ/м	$\delta = \pm(10...25)\%$

Согласно Федеральному закону № 252-ФЗ, **система автоматического контроля**, это комплекс технических средств, обеспечивающих автоматические измерения и учет показателей выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ, фиксацию и передачу информации о показателях выбросов

загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду [2]. При этом согласно 69 статье Федерального закона «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ, **государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду**, в том числе включает в себя [3]:

- сведения о фактическом месте нахождения и категории объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду;
- сведения о стационарных источниках, об уровне и (или) объеме или о массе выбросов;
- сведения о программе производственного экологического контроля и результатах ее осуществления;
- сведения о мероприятиях по снижению негативного воздействия на окружающую среду;
- информацию о применяемых на объектах (оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду) I категории технологиях и об их соответствии наилучшим доступным технологиям;
- сведения о результатах осуществления государственного экологического надзора.

Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 23 июня 2016 г. № 572 утверждены Правила создания и ведения государственного реестра объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, которые реализует, в качестве исполнительного органа, Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) [4]. Правила устанавливают порядок создания и эксплуатации **системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ** на объектах, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду и относящихся к объектам I категории в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды (далее соответственно — система автоматического контроля). Система автоматического контроля должна соответствовать следующим требованиям: автоматическое измерение и учет показателей выбросов; фиксация и передача информации об указанных показателях в государственный

реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду [5]. На объекте I категории могут создаваться и эксплуатироваться как единая система автоматического контроля, так и несколько систем автоматического контроля отдельно по выбросам.

Создание системы автоматического контроля включает в себя следующие этапы:

- а) определение стационарных источников и показателей сбросов, подлежащих контролю автоматическими средствами измерения, их предпроектное обследование;
- б) разработка и утверждение программы создания системы автоматического контроля;
- в) проектирование системы автоматического контроля;
- г) поставка и монтаж оборудования, необходимого для создания системы автоматического контроля;
- д) приемка системы автоматического контроля в эксплуатацию;
- е) ввод в эксплуатацию системы автоматического контроля.

Стационарные источники выбросов включаются в программу автоматического контроля при соблюдении следующих условий:

- а) выбросы от стационарного источника образуются при эксплуатации технических устройств;
- б) в выбросах от стационарного источника присутствует одно из следующих загрязняющих веществ, массовый выброс которых превышает значения: взвешенные вещества 3 кг/ч; серы диоксид 30 кг/ч; оксиды азота (сумма азота оксида и азота диоксида) 30 кг/ч; углерода оксид как показатель полноты сгорания топлива 5 кг/ч; углерода оксид во всех остальных случаях 100 кг/ч; фтористый водород 0,3 кг/ч; хлористый водород 1,5 кг/ч; сероводород 0,3 кг/ч; аммиак 1,5 кг/ч;
- в) наличие средств и методов измерений концентраций загрязняющих веществ в условиях эксплуатации стационарного источника выбросов.

При установке средств измерений в газоходах с отходящими газами, определение мест установки происходит в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а при отсутствии отраслевых национальных стандартов по выбору измерительных секций и мест

измерений для конкретной отрасли промышленности, в соответствии с национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ Р ЕН 15259-2015 [6]. В данном стандарте приведены требования: к измерительным секциям (области в газоходе находящейся в свободном доступе для отбора представительных проб, включающей измерительную(ые) плоскость(и), перпендикулярную(ые) оси газохода в месте отбора проб) и участки трубы до и после измерительной плоскости) и местам измерений в газоходах с отходящими газами промышленных предприятий; определению целей измерений, планированию и отчету. Стандарт предназначен для проектировщиков предприятий, конструкторов, операторов, испытательных лабораторий, органов по аккредитации и сотрудников контролирующих органов. Для применения данного стандарта необходимо четкое определение цели измерений. Согласно ГОСТ Р ЕН 15259-2015 **измерения выбросов** могут проводиться с различными целями, например [6]:

- для оценки того, работают ли промышленные установки в соответствии с требованиями директивы Совета Европейского Союза 96/61/ЕС о комплексном предотвращении и контроле загрязнений [7] [оценка соответствия установленным значениям предельно допустимых выбросов (ПДВ)];
- для декларирования выбросов и предоставления отчетов в реестр выбросов (например, местный, национальный и международный, например, в Европейский регистр выбросов и сбросов загрязнителей [7], [8]);
- при проведении приемочных испытаний (проверки гарантии);
- при наличии претензий;
- для получения разрешений на деятельность (например, при планировании внесения изменений в рабочие операции процесса или планировку предприятия);
- по истечении установленного периода времени эксплуатации предприятия для определения его состояния;
- при прерывании или нарушении рабочих операций;
- при работах по изучению вопросов техники безопасности;
- для калибровки автоматических измерительных систем непрерывного действия;

- для проверки характеристик автоматических измерительных систем непрерывного действия;
- для установления причины конкретного выброса (например, определения причины сбоев в обработке отходящих газов для поддержания — гарантированного /требуемого/ уровня очистки);
- для прогнозирования возможных уровней выбросов при конкретных рабочих условиях, например, после внесения изменений в технологию, при нарушении или прерывании работы, или в случае увеличения производительности;
- для установления производственной деятельности, затрагивающей выбросы;
- для определения коэффициентов загрязнения окружающей среды отходами производства;
- для оценки доступных технологий для конкретного сектора промышленности.

Достоверные и сопоставимые результаты, представительные для выбросов стационарных источников в контексте поставленной цели измерений, могут быть получены при условии, что:

- a) измерительная секция и место измерений, предпочтительно спланированные на стадии проектирования предприятия, находятся в свободном доступе для отбора представительных проб;
- b) цель и план измерений определены до начала проведения измерений;
- c) методология отбора проб установлена в плане измерений с целью выполнения требований к цели измерений;
- d) составлен отчет по измерениям, содержащий результаты измерений и включающий всю необходимую информацию, и
- e) для работ привлекаются технически компетентные испытательные лаборатории.

Требования к компетентности испытательных лабораторий установлены в ЕН ИСО/МЭК 17025 [9].

На рисунке 2.1 показаны **основные этапы периодических измерений выбросов стационарных источников**.

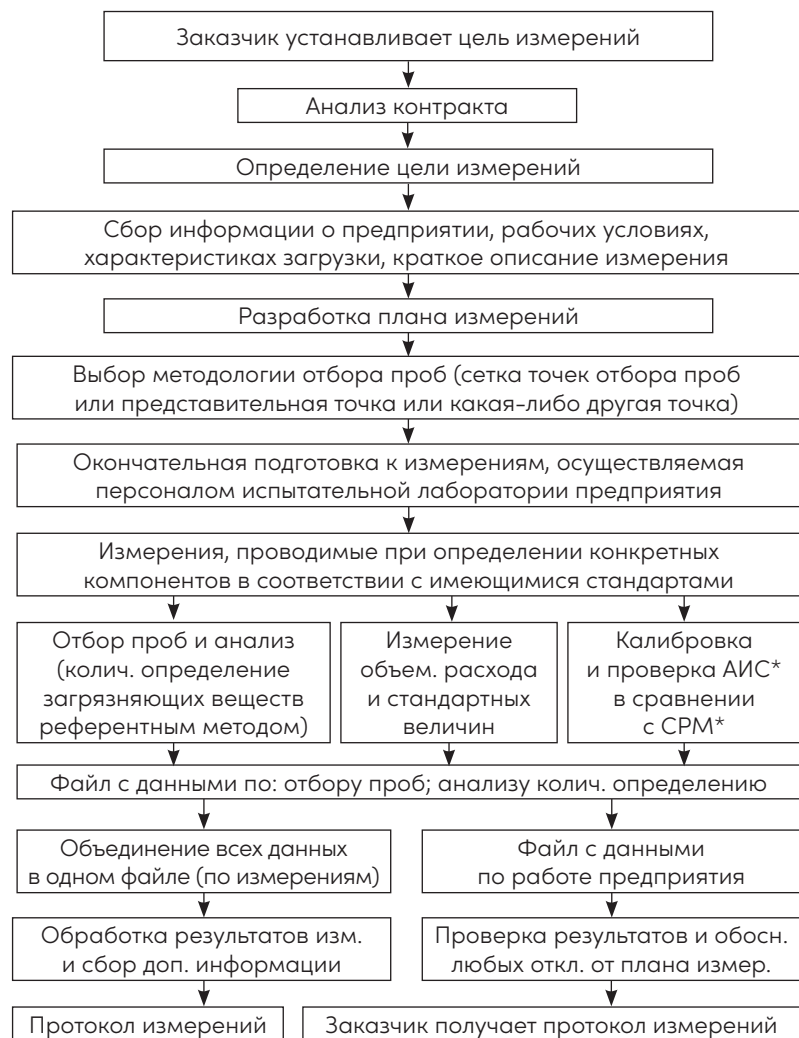


Рис. 2.1. Основные этапы периодических измерений выбросов стационарных источников (на схеме: АИС* – автоматическая измерительная система; СРМ* – стандартный референтный метод)

В данном случае по Рис. 2.1 необходимо пояснить, что **референтный метод**, это метод измерений, рекомендуемый для применения европейским или национальным законодательством, который дает принятое значение измеряемой величины.

На предприятиях, спроектированных или адаптированных таким образом, чтобы можно было провести представительный отбор проб (при котором, плотность массового потока, может быть с требуемой точностью усреднена для все измерительной плоскости), имеется секция в газоходе, сконструированная так, чтобы можно было получить требуемый профиль потока, свободного от завихрений и обратных потоков, где размещается измерительная плоскость (перпендикулярная оси газохода в месте отбора проб), на которой расположена сетка точек отбора проб, достаточная для получения данных по всем измеряемым и вспомогательным величинам. Место измерений должно обеспечивать доступ к плоскости отбора проб для обычного оборудования для отбора проб с помощью платформы, обеспечивающей безопасную и эффективную работу персонала.

Цель измерений определяет объем выполняемых работ, условия работы предприятия, при которых будут проводить измерения, любую необходимую информацию о предприятии или технологическом процессе, применяемые методики работы и любые другие актуальные требования. Результаты данного предварительного исследования описывают в плане измерений. Измерения должны выполняться персоналом, имеющим соответствующую квалификацию, под контролем более опытного персонала. Принимая во внимание цели измерений, в некоторых случаях могут быть применены упрощенные методики, если условия работы предприятия однозначно поняты, а эти методики приемлемы в рамках цели измерений. Любые отклонения от стандартных методик, установленных в европейских региональных стандартах, должны быть оценены и задокументированы.

Подходящие **измерительные секции** и места измерений необходимы для получения надежных и сопоставимых результатов измерений выбросов. Таким образом, соответствующие измерительные секции и места измерений должны быть запланированы при проектировании предприятия [5].

Пример мест установки измерительных систем в измерительной секции показан на рисунке 2.2 (в данном примере для проведения измерений различными методами используют шесть **измерительных плоскостей** (плоскостей отбора проб), для упрощения изображения рабочая площадка не показана). Измерительная секция представляет собой область контролируемого источника выбросов (например, газохода, дымовой трубы), включающую соответствующую измерительную плоскость, перпендикулярную оси газохода, и участка до и после нее. Измерительная секция должна обеспечивать отбор проб и проведение измерений в соответствующей измерительной плоскости. Измерительная плоскость должна быть расположена в той секции газохода (дымовой трубы), где предполагают однородные условия течения потока и однородное содержание определяемых компонентов.

Для проведения измерений выбросов необходимо соблюдение определенного режима потока газа в измерительной плоскости, т.е. заданный и стабильный профиль потока газа без завихрений и обратных потоков, таким образом, чтобы можно было определить скорость потока и массовую концентрацию определяемого вещества в отходящем газе. Такие требования исходят из необходимости определения среднего содержания. Это единственный способ, при котором результаты разных измерений, могут быть сопоставлены друг с другом.

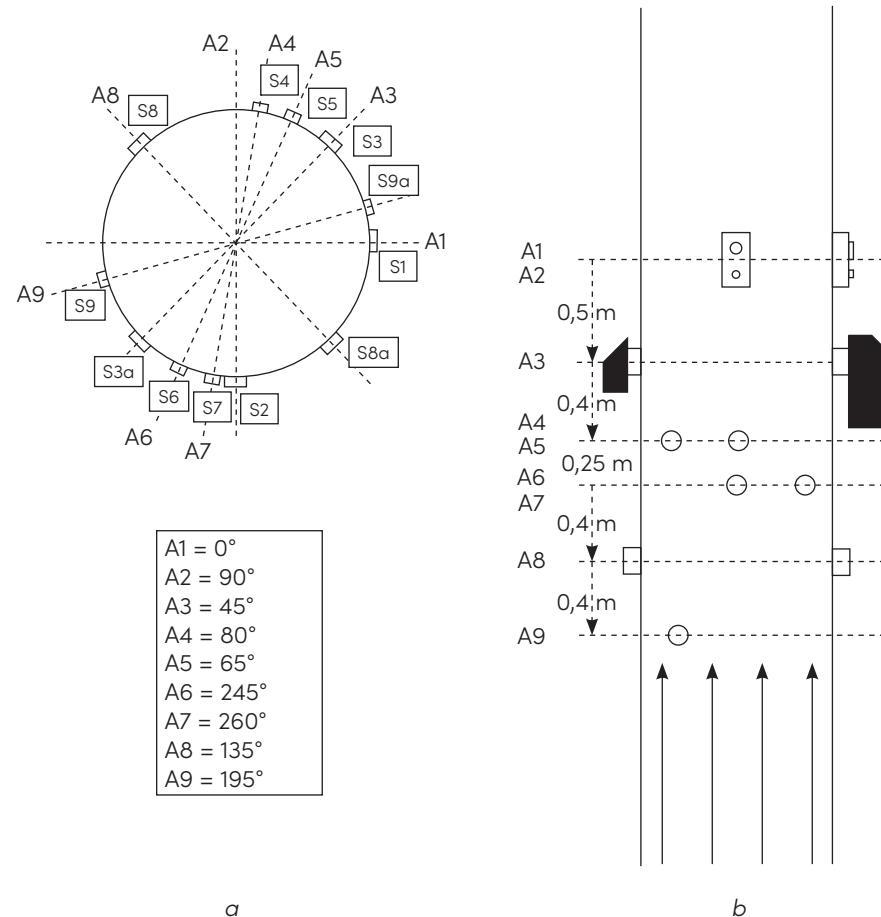


Рис. 2.2. Пример мест установки измерительных систем в измерительной секции газохода. а – вид сверху; б – вид спереди (А – измерительная линия, измерительная плоскость; S – измерительный порт; S1 – референтный метод; S2 – референтный метод; S3 – АИС для подсчета частиц пыли (оптический элемент); S3а – АИС для подсчета частиц пыли (отражатель); S4 – АИС для определения содержания SO_2 , NO и O_2 ; S5 – референтный метод; S6 – АИС для определения общего содержания HCl , углерода и водяного пара; S7 – референтный метод; S8 – АИС для измерения объемного расхода газа (передатчик); S8а – АИС для измерения объемного расхода газа (приемник); S9 – датчик температуры; S9а – датчик давления)

Требования к однородным условиям потока обычно выполняют, если измерительная плоскость:

- по возможности максимально удалена от расположенных выше и ниже по направлению движения потока помех, которые могут вызвать изменение его направления (например, возмущения могут быть вызваны изгибами, вентиляторами или частично закрытыми задвижками),
- расположена в такой секции газохода, где длина прямолинейного участка выше по потоку от плоскости отбора проб составляет по крайней мере пять гидравлических диаметров, а ниже по потоку от нее — два гидравлических диаметра (или пять гидравлических диаметров от верха трубы и расположена на участке газохода с постоянной формой и площадью поперечного сечения).

Могут потребоваться эффективные аэродинамические устройства (например, вентиляторы, турбины, система труб) для обеспечения перемешивания газов установленные перед прямым участком газохода, на котором расположена измерительная секция, с целью получения равномерного распределения содержания определяемых компонентов в измерительной плоскости, что особенно важно при отборе проб нескольких газов различного состава, образующихся в разных технологических процессах и падающих в один и тот же газоход.

Предварительные измерения во всех точках отбора проб должны подтвердить, что газовый поток в измерительной плоскости соответствует следующим требованиям:

- угол между направлением газового потока и осью газохода составляет не более 15° (Рекомендуемый метод оценки отклонения направления газового потока от оси газохода приведен в ЕН 13284-1, приложение В [10]).
- отсутствует местный обратный поток;
- минимальная скорость потока выше, чем предел обнаружения метода, используемого для измерения расхода (для трубок Пито перепад давлений более 5 Па);
- отношение максимальной скорости потока к минимальной в месте отбора пробы составляет менее 3:1.

Для измерения выбросов необходимы подходящие измерительные порты (отверстия в газоходу на измерительной линии, через которую обеспечивается доступ к отходящему газу) и рабочие площадки (обеспечивающие доступ к точкам отбора проб). Таким образом, установку измерительных портов и рабочих площадок следует принимать во внимание на стадии планирования измерительной секции.

В случае соответствующего большого диаметра газохода наиболее удобно располагать прямоугольные измерительные порты с закрывающими крышками длинной стороной параллельно направлению движения потока. Рекомендованная минимальная площадь поверхности порта — (100 x 250) мм, за исключением малых газоходов (диаметром менее 0,7 м), для которых размеры порта меньше. Широко применяют порты круглого сечения, и в газоходах диаметром более 0,7 м рекомендуется применять порты с минимальным диаметром 125 мм. Примеры рабочей платформы и размещения измерительных портов в вертикальном прямоугольном и круглом газоходах представлены на рисунках 2.3 и 2.4.

Измерительные порты должны быть спланированы на стадии проектирования новых предприятий или во время реконструкции существующих, поскольку более поздние модификации газохода могут оказаться трудоемкими и дорогостоящими для исполнения (например, если газоход имеет защитную обшивку). Для проведения измерений в точках измерительной сетки необходима достаточно большая рабочая зона за пределами газохода вдоль измерительных линий так, чтобы отбор проб в измерительных точках мог быть проведен с применением подходящих зондов в измерительной плоскости.

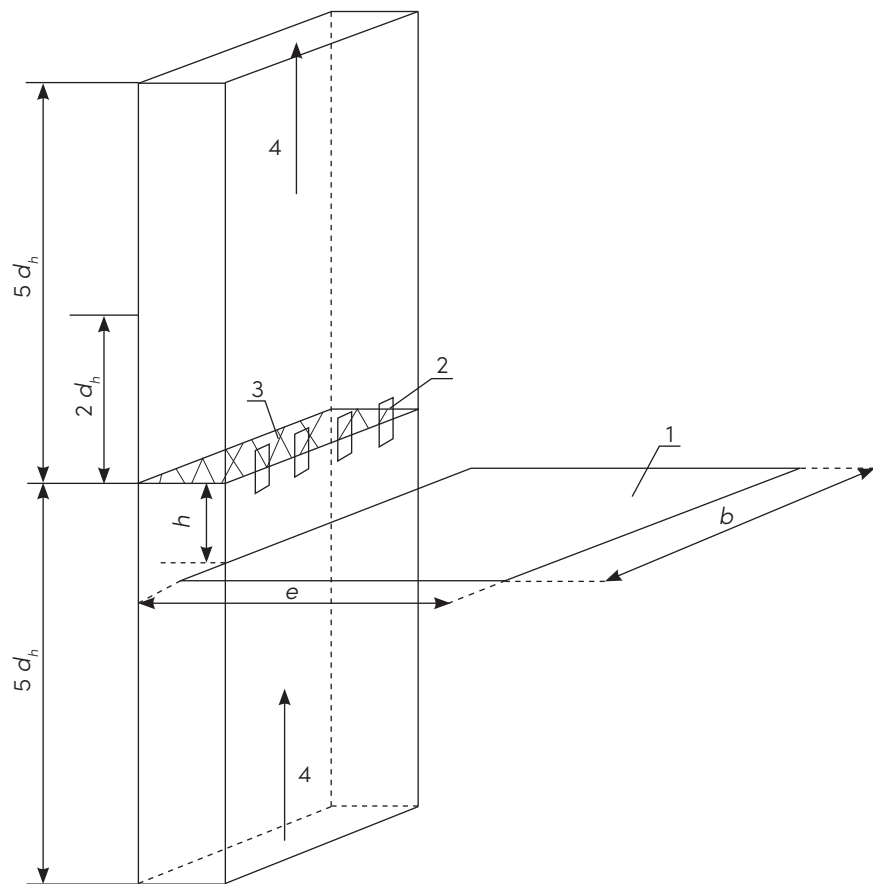


Рис. 2.3. Пример рабочей платформы и размещения измерительных портов в вертикальном прямоугольном газоходе (1 – рабочая платформа; 2 – измерительный порт; 3 – измерительная плоскость; 4 – направление движения потока; b – длина рабочей зоны; d_h – гидравлический диаметр газохода; e – ширина рабочей зоны; h – минимальная высота свободной зоны над рабочей платформой)

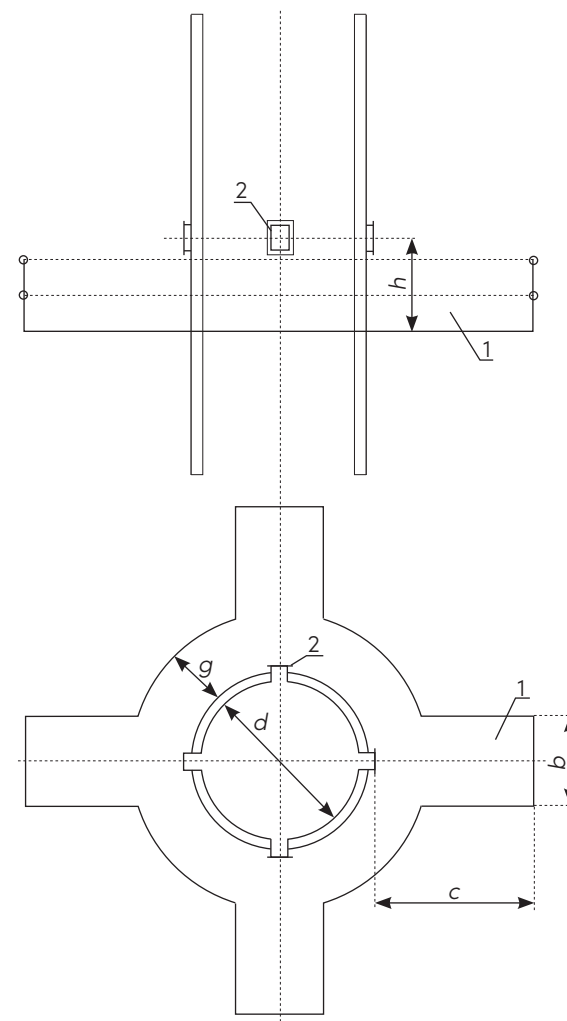


Рис. 2.4. Пример рабочей платформы и размещения измерительных портов в вертикальном круглом газоходе (1 – рабочая платформа; 2 – измерительный порт; b – длина рабочей зоны; d – внутренний диаметр газохода; e – ширина рабочей зоны; g – ширина прохода между рабочими зонами; h – минимальная высота свободной зоны над рабочей платформой)

Методология отбора проб обеспечивает отбор представительной пробы и выбирается для достижения заданной степени однородности распределения измеряемой величины и ее любой ожидаемой изменчивости во времени. В методиках установлены требования к определению числа и расположению точек отбора проб и продолжительности отбора проб в каждой точке. Протокол измерений включает результаты измерений, полученные на основе необходимого числа измерений, а также описание цели и плана измерений. Также в протоколе приводят подробную информацию о базовых данных и условиях технологического процесса, необходимую для их учета при измерениях.

Проектирование системы автоматического контроля осуществляется с учетом применимых положений информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям ИТС 22.1-2016 «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения» [11].

Автоматическая измерительная система содержит следующие составные части [11]:

1. Пробоотборный зонд;
2. Система транспортировки пробы;
3. Система подготовки пробы;
4. Газоанализаторы;
5. Анализаторы пыли;
6. Средство измерения объемного расхода;
7. Датчики температуры и давления;
8. Система сбора, обработки, архивирования и передачи данных;

Вспомогательное оборудование, обеспечивающее энергетическое и климатическое функционирование системы.

В справочнике по наилучшим доступным технологиям в частности указано, что для автоматического непрерывного измерения массовой концентрации загрязняющих веществ в том числе используют газоанализаторы, измеряющие концентрации загрязняющих веществ в автоматизированных производственных системах контроля и учета выбросов в атмосферу, в контроле очистки дымовых газов (установки серо- и азотоочистки

различного типа), в контроле технологических процессов. При их использовании отпадает необходимость в пробоотборе, транспортировке и подготовке пробы [11].

Наиболее широко используются два принципа регистрации загрязняющих веществ: электрохимический и оптический. Стационарные автоматические газоанализаторы непрерывного действия изготавливаются в двух конструктивных вариантах: для установки с одной стороны газохода и для установки поперек газохода. Преимуществами газоанализаторов без отбора пробы являются: непрерывные измерения без запаздывания непосредственно в потоке газа, простота установки, наладки и обслуживания, низкая стоимость.

Контрольные вопросы по разделу:

1. Поясните термин — система автоматического контроля.
2. Какие сведения включаются в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.
3. Этапы создания системы автоматического контроля.
4. Какие цели ставятся при измерении выбросов в атмосферу.
5. Основные этапы периодических измерений выбросов стационарных источников.
6. Поясните термин — референтный метод.
7. Поясните термины — измерительные секции и измерительные плоскости.
8. Какие составные части содержит автоматическая измерительная система.

Библиографический список

1. Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и выполняемых при осуществлении деятельности в области охраны окружающей среды, и обязательных метрологических требований к ним, в том числе показателей точности измерений: утв. Приказом Минприроды России от 7 декабря

- 2012 г. № 425: зарегистрир. в Минюсте РФ 12 февраля 2013 г. // Доступ из справ. — правовой системы «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/70318408/>
2. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и статьи 1 и 5 Федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» в части создания систем автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ: Федеральный закон Рос. Федерации от 29 июля 2018 г. № 252-ФЗ : принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 12 июля 2018 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 24 июля 2018 г. // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_303483/
 3. Об охране окружающей среды : Федеральный закон Рос. Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 декабря 2001 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 26 декабря 2001 г. // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/
 4. Об утверждении Правил создания и ведения государственного реестра объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду: утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 23 июня 2016 г. № 572 // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200161/
 5. Правила создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ: утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 13 марта 2019 г. № 262 // Доступ из справ. системы «Техэксперт». URL: <http://docs.cntd.ru/document/553884118>
 6. ГОСТ Р ЕН 15259-2015. Качество воздуха. Выбросы стационарных источников. Требования к выбору измерит. секций и мест измерений, цели и плану измерений, и составлению отчета. М.: Стандартинформ, 2015.

7. Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control, OJ L 257, p.26. URL: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/council-directive-96-61-ec-ippc>
8. Commission Decision 2000/479/EC on the implementation of an European Pollutant Emission Register (EPER), July 2000, OJ L 192, p.36. URL: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/commission-decision-2000-479-ec-eper>
9. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. М.: Стандартинформ, 2019.
10. EN 13284-1:2017 Stationary source emissions — Determination of low range mass concentration of dust -Part1: Manual gravimetric method. URL: <https://infostore.saiglobal.com/preview/is/en/2017/i.s.en13284-1-2017.pdf?sku=1951525>
11. ИТС 22.1-2016. Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения : Информацио-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. М: Бюро НТД, 2016. — 533 с.

3. РОССИЙСКИЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Рассмотрим типовую компоновку автоматических станции мониторинга атмосферного воздуха на примере двух следующих станций мониторинга атмосферного воздуха.

Станция мониторинга атмосферного воздуха **СЛАВ** (стационарная лаборатория атмосферного воздуха) [1].

Разработаны для мониторинга атмосферного воздуха жилой зоны, на границе СЗЗ и в подфакельной зоне. При своевременном гарантийном и послегарантийном обслуживании срок эксплуатации станций составляет до 20 лет. СЛАВ предназначены для работы в любых климатических условиях как в экологически чистых районах, так и на границе санитарно-защитных зон предприятий. Стационарные лаборатории рассчитаны на работу в любых погодных условиях при температуре наружного воздуха от -50 до $+50$ °С.

СЛАВ представляют собой цельносварной металлический контейнер, отделанный снаружи и изнутри эстетичными и износостойкими материалами, и утепленный в соответствии с климатическими нагрузками в районе использования.

Для обеспечения бесперебойной работы поста подвод питания, как правило, выполнен с резервированием питания от комплекта аккумуляторов, размещенного внутри лабораторного модуля. После запуска системы обогрева или кондиционирования температура внутри лаборатории в рабочем режиме поддерживается на уровне от $+17$ до $+23$ °С при влажности не более 80%. Для удобства перевозки

модуля автомобильным, железнодорожным или морским транспортом базовые габаритные размеры контейнера составляют $3600 \times 2450 \times 2600$ мм (рисунки 3.1 и 3.2), и могут быть изменены в сторону увеличения или уменьшения в зависимости от конкретной поставленной задачи по составу и размещению оборудования.



Рис. 3.1. Стационарный павильон станции мониторинга атмосферного воздуха СЛАВ



Рис. 3.2. Передвижной павильон станции мониторинга атмосферного воздуха СЛАВ

СЛАВ является системой модульной компоновки и состоит из следующих основных модулей:

- Блок анализа. Аналитической базой являются газоанализаторы HORIBA серии APxA-370 (Япония) и метеостанции WXT-520 (Финляндия);
- Система электро- и теплоснабжения. Стационарный пост оснащен электроконвекторами и кондиционером. Автономная система электроснабжения состоит из аккумуляторных батарей и системы их подзарядки;
- Система пробоотбора и пробоподготовки. Данная система полностью соответствует требованиям по химической инертности, времени и высоте производства отбора, по подогреву пробы в зимнее время и удалению конденсата в летнее время;
- Система сбора и обработки данных. СЛАВ оснащается автоматическим контроллером данных, компьютерами и специальным программным обеспечением, позволяющим исключить ручные расчеты.

Дополнительное оснащение системы:

- автоматические пылемеры;
- автоматические газовые хроматографы;
- автоматические и автоматизированные аспираторы для отбора проб воздуха для анализа особых загрязнителей.

Посты контроля атмосферного воздуха соответствуют по перечню измеряемых компонентов, условиям проведения анализов, диапазонам и точности измерения требованиям всех нормативных документов, в том числе: ГОСТ 17.2.6.02-86 «Охрана природы. Атмосфера. Газоанализаторы автоматические для контроля загрязнения атмосферы. Общие технические требования.»; ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.»; ведомственными инструкциями Росгидромета и др [2, 3].

Все оборудование в составе станции мониторинга атмосферного воздуха СЛАВ внесено в Госреестр и разрешено к применению на территории России. Схема компоновки станции мониторинга атмосферного воздуха СЛАВ представлена на рисунке 3.3.

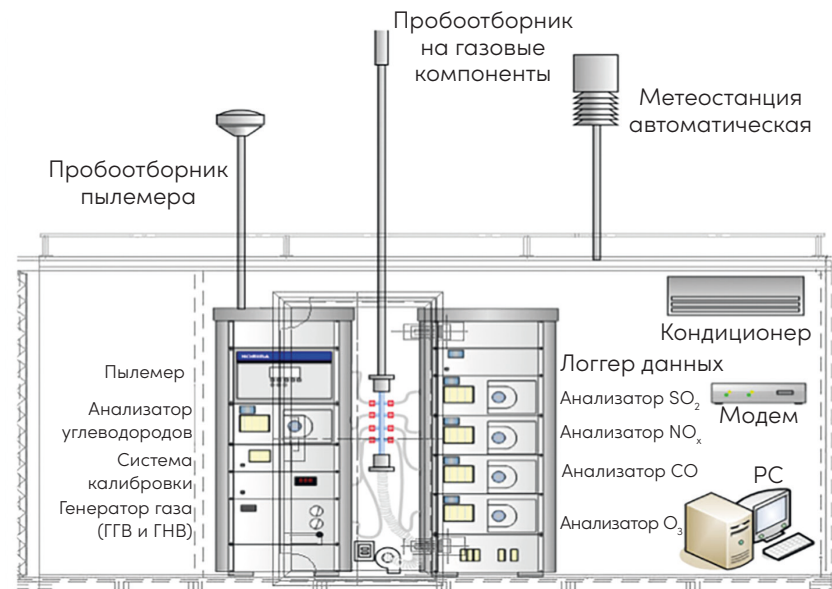


Рис. 3.3. Схема компоновки станции мониторинга атмосферного воздуха СЛАВ

Основным средством измерений в СЛАВ являются газоанализаторы атмосферного воздуха серии APxA-370 от лидера мирового рынка газоаналитического оборудования — компании HORIBA (Япония). Это уже пятое поколение приборов контроля атмосферы. В газоанализаторах APMA-370 (CO), APNA-370 (NO, NO₂, NO_x, NH₃), APHA-370 (THC, CH₄, NMHC), APOA-370 (O₃) используется технология перекрестной модуляции газовых потоков. Её суть состоит в попеременной подаче в измерительную кювету анализируемого газа (пробы атмосферного воздуха) и газа сравнения — атмосферного воздуха селективно очищенного от определяемого компонента. Очистка достигается пропусканием через скруббер (оксиды азота), каталитическим разложением (O₃) или сжиганием (CO, CH₄, THC). При попеременном измерении сигнал газовой матрицы (селективно очищенный воздух) вычитается из суммарного сигнала аналита и матрицы (воздух) за счет чего достигается стабильность нулевой линии, увеличивается отношение сигнал: фон, а калибровка остается стабильной длительное время. Схема работы инфракрасного детектора с перекрестной модуляцией газовых потоков представлена на рисунке 3.4.

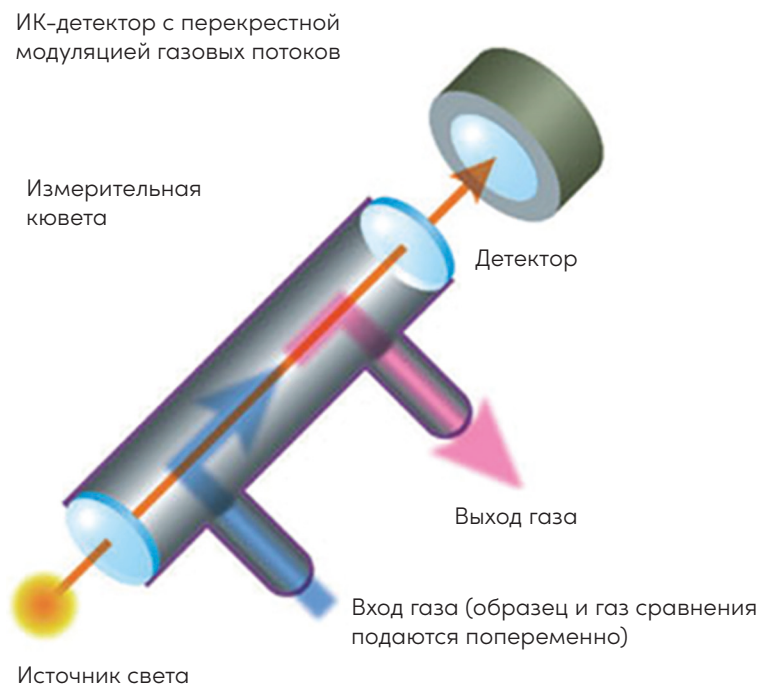


Рис. 3.4. Схема работы инфракрасного детектора с перекрестной модуляцией газовых потоков

Аппаратурно-программный комплекс станции мониторинга атмосферного воздуха СЛАВ включает:

- автоматический сбор данных от средств измерений и других источников, входящих в состав поста контроля атмосферного воздуха, путем их циклического опроса и формирование массива результатов первичных измерений по каждому параметру за период времени 20 минут с привязкой к началу часа;
- усреднение результатов первичных измерений информации. По каналу направления ветра — вычисление векторной суммы, по каналу количества осадков — вычисление суммы. Вычисление максимального и минимального значения по каждому измеряемому параметру за период усреднения;

- архивирование данных измерений, хранение в локальном архиве данных за 30 суток;
- автоматическая передача данных измерений по проводному или беспроводному (GSM-модем или радиомодем) каналу связи на центральный сервер;
- наличие локального интерфейса взаимодействия с оператором, обеспечивающим визуализацию текущего состояния программного обеспечения и управление режимами работы;
- автоматический перезапуск системы электроснабжения и блока анализа после длительного аварийного отключения электроэнергии;
- проведение автоматической калибровки газоанализаторов через заданный интервал времени;
- сигнализация о превышениях ПДК с отправкой экстренного сообщения на электронную почту и/или SMS-сообщения на телефон оператора.

Технические характеристики станции мониторинга атмосферного воздуха СЛАВ представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.
Технические характеристики станции мониторинга атмосферного воздуха СЛАВ

Параметр	Диапазон измерения (н.у.) (наименьший предел обнаружения)	Параметр	Диапазон измерения (н.у.) (наименьший предел обнаружения)
Оксид азота (NO), Диоксид азота (NO ₂), Сумма окислов азота (NO _x)	От 0 до 6,0 мг/м ³ (0,7 мкг/м ³)	Бензол (C ₆ H ₆), Тoluол (C ₇ H ₈), Ксилол (C ₈ H ₁₀ ; сумма изомеров)	От 0 до 3,0 мг/м ³ (2 мкг/м ³)
Аммиак (NH ₃)	От 0 до 2,5 мг/м ³ (0,4 мкг/м ³)	Общая пыль (TSP), пыль PM ₁₀	От 0 до 6 мг/м ³ (0,1 мкг/м ³)
Аммиак (NH ₃)	От 0 до 2,5 мг/м ³ (0,4 мкг/м ³)	Пыль PM _{2,5}	От 0 до 1,5 мг/м ³ (0,1 мкг/м ³)

Продолжение таблицы 3.1.

Параметр	Диапазон измерения (н.у.) (наименьший предел обнаружения)	Параметр	Диапазон измерения (н.у.) (наименьший предел обнаружения)
Оксид углерода (CO)	От 0 до 125 мг/м ³ (25 мкг/м ³)	Температура воздуха	От - 50 до +50 °С
Диоксид серы (SO ₂)	От 0 до 6,0 мг/м ³ (1,4 мкг/м ³)	Относительная влажность воздуха	От 0,8 до 100%
Сероводород (H ₂ S)	От 0 до 6,0 мг/м ³ (0,75 мкг/м ³)	Скорость воздушного потока	От 0,2 до 60 м/с
Метан (CH ₄), сумма углеводородов (в пересчете на метан; THC или ΣCH)	От 0 до 70 мг/м ³ 15 мкг/м ³	Направление воздушного потока	От 0 до 360 °; привязка к сторонам света по компасу или GPS
Озон (O ₃)	От 0 до 2,0 мг/м ³ 1 мкг/м ³	Атмосферное давление	От 600 до 1100 гПа

СЛАВ эксплуатируются в составе систем мониторинга в следующих организациях: ГБПУ «Мосэкомониторинг», Москва; Управление Государственного аналитического контроля по Республике Башкортостан, Уфа; ОАО «Сода», Стерлитамак; Республиканский гидрометеорологический центр, Республика Беларусь.

Второй пример. Станция мониторинга атмосферного воздуха **МР-28**, выпускаемая научно-производственным объединением «Тайфун» [4].

Предназначена для: измерения разовых концентраций загрязняющих веществ в атмосфере; контроля основных метеорологических параметров; передачи полученных данных в центр сбора и обработки информации.

Возможности станции мониторинга атмосферного воздуха МР-28:

- непрерывное автоматическое измерение концентраций вредных примесей в атмосферном воздухе;

- автоматическое измерение метеорологических параметров;
- обработка и хранение информации;
- передача результатов обработки по телефонным линиям, радиоканалу, сотовой связи, интернету;
- ведение протокола работ и буферное накопление информации на жестком диске;
- диагностика работоспособности составных частей и передача информации в инициативном порядке в случаях превышений ПДК, пожарной опасности, несанкционированного вскрытия павильона, выхода значения температуры внутри павильона за заданный рабочий диапазон;
- комплектование дополнительными стандартными газоанализаторами и метеорологическими датчиками.

Станция мониторинга атмосферного воздуха МР-28 включает:

- газоаналитический комплекс;
- метеорологический комплекс;
- центральное устройство;
- аппаратура приема-передачи данных;
- система жизнеобеспечения и энергоснабжения;
- павильон.

Габаритные размеры павильона, мм: 2950 × 2400 × 2600, масса (с аппаратурой), не более 3000 кг, несущая основа представляет собой металлический каркас, наружная поверхность выполнена из сэндвич-панелей, внутренняя обшивка — из негорючего пластика или ламинированной ДСП. Общая толщина стен порядка 100 мм (рисунок 3.5).



Рис. 3.5. Стационарный павильон станции мониторинга атмосферного воздуха МР-28

Станция мониторинга атмосферного воздуха МР-28 может применяться для контроля за качеством воздушной среды в жилых и промышленных зонах населенных пунктов. Технические характеристики станции мониторинга атмосферного воздуха МР-28 представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2.
Технические характеристики станции мониторинга атмосферного воздуха МР-28

Параметр	Диапазон измерения, мг/м ³ (н.у.) (предел допускаемой погрешности измерений в %)	Параметр	Диапазон измерения мг/м ³ (н.у.) (предел допускаемой погрешности измерений)
Оксид азота (NO)	0-1; ±25 %	Пыль РМ _{2,5}	От 0 до 1,5 мг/м ³ (0,1 мкг/м ³)
Диоксид азота (NO ₂)	0-1; ±25 %	Бензол (С ₆ Н ₆), Тoluол (С ₇ Н ₈), Ксилол (С ₈ Н ₁₀ ; сумма изомеров)	От 0 до 3,0 мг/м ³ (2 мкг/м ³)
Диоксид серы (SO ₂)	0-2; ±25 %	Общая пыль (TSP), пыль РМ ₁₀	От 0 до 6 мг/м ³ (0,1 мкг/м ³)
Сероводород (H ₂ S)	0-0,2; ±25 %	Озон (O ₃)	От 0 до 2,0 мг/м ³ (1 мкг/м ³)
Оксид углерода (CO)	0-50; ±20 %	Температура воздуха	От -50 до +50 °C
Аммиак (NH ₃)	0-1; ±25 %	Относительная влажность воздуха	От 0,8 до 100%
Сумма углеводов (ΣСН)	0-100; ±20 %	Скорость воздушного потока	От 0,2 до 60 м/с
Направление воздушного потока	От 0 до 360°	Атмосферное давление	От 600 до 1100 гПа

Контрольные вопросы по разделу:

1. Основные комплексные модули станций мониторинга атмосферного воздуха.
2. Технические характеристики станций мониторинга атмосферного воздуха.
3. Особенности аппаратурно-программных комплексов станций мониторинга атмосферного воздуха.

Библиографический список

1. Станции контроля атмосферы СЛАВ. URL: <http://www.nevaline.com.ru/resheniya/avtomaticheskie-stantsii-monitoringa-atmosfernogo-vozdukha/1034-avtomaticheskie-stantsii-monitoringa-atmosfernogo-vozdukha.html>
2. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. М.: Издательство стандартов, 1986.
3. ГОСТ 17.2.6.02-86 «Охрана природы. Атмосфера. Газоанализаторы автоматические для контроля загрязнения атмосферы. Общие технические требования. М.: Издательство стандартов, 1986.
4. Автоматическая станция контроля загрязнения атмосферного воздуха МР-28. URL: <https://www.rpatyphoon.ru/products/devices/pollution/mr-28/>

4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАСЧЕТАХ

Загрязнения, присутствующие в приземном слое воздуха могут содержать в своем составе превышающие ПДК аэрозоли и газовые примеси. В состав аэрозолей входят мелкодисперсные частицы, характеризующиеся как песок, пыль, микроорганизмы, дым и туман. **Песком** считаются дисперсные частицы в воздухе размерами более 0,074 мм, и до 2 мм (рисунок 4.1). Частицы размерами больше 2 мм называются гравием или камнями.



Рис. 4.1. Песок в воздухе

Аэрозоль, дисперсная фаза которого представляет собой твердые, но не атомарные частицы измельченных веществ, находящихся во взвешенном состоянии в газовой среде с размерами меньше чем песок (то есть меньше 0,074 мм) называются **пылью** (рисунок 4.2).

Дым, это устойчивая дисперсная система, состоящая из мелких твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии в газах, образующаяся при сгорании чего-либо (рисунок 4.3).



Рис. 4.3. Табачный дым



Рис. 4.4. Туман

Туман это, жидкий аэрозоль, который также можно назвать конденсирующимся в мелкие капельки газом (например, H_2O), рисунок 4.4.

К биологически опасным загрязнителям можно отнести **патогенные микроорганизмы** и компоненты бактериальных препаратов, находящиеся в атмосферном воздухе.

Вредные газообразные соединения (газы), это молекулярные частицы, не связанные между собой, и не конденсирующиеся при атмосферных температурах (например, такие как: NO , NO_2 , CO , CH_4 , и другие), которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений [1].

Основные термины и определения, касающиеся показателей загрязнения атмосферы, программы наблюдения, поведения примесей в атмосферном воздухе приведены в ГОСТ 17.2.1.03-84 «Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля

загрязнения» [2]. Под качеством атмосферного воздуха в нем понимается степень соответствия атмосферных условий потребностям людей или других живых организмов.

До определенного уровня антропогенного воздействия приемлемое загрязнение атмосферы обеспечивается самой природой с помощью процессов самоочистки. Загрязняющие вещества выводятся из нее под действием гравитационных сил (только аэрозоли), вымываются атмосферными осадками, разрушаются в процессе фотохимических реакций. Однако все возрастающее техногенное воздействие на воздушный бассейн, особенно в последние десятилетия, поставило вопрос о необходимости регулирования его качества, для чего нужны нормативы:

- а) загрязненности атмосферного воздуха различными веществами;
- б) предельно допустимых воздействий на атмосферу.

Обеспечение требуемого качества атмосферного воздуха предполагает установление нормативов предельно допустимых воздействий человека на атмосферу [3].

В основе нормативов лежат три показателя:

1. **медицинский** — пороговый уровень угрозы здоровью человека, его генетической программе;
2. **технический** — способность экономики обеспечить выполнение установленных пределов воздействия на человека и его среду обитания;
3. **научно-технический** — способность техническими средствами контролировать соблюдение установленных нормативов по всем их параметрам.

Все нормативы качества атмосферного воздуха подразделяются на три группы: а) санитарно-гигиенические; б) экологические; в) вспомогательные.

Санитарно-гигиенические нормативы определяют показатели качества атмосферного воздуха для здоровья человека, это наиболее разработанная часть нормативов.

Вторая группа устанавливает требования к качеству атмосферного воздуха относительно состояния экологических систем (например, лесных сообществ, либо ихтиофауны). Таких нормативов к настоящему времени разработано немного.

Вспомогательные нормативы обосновываются для обеспечения единства в употребляемой терминологии, в деятельности организационных структур и правовом регулировании экологических отношений.

Государственными органами, утверждающими нормативы, являются Министерство природных ресурсов и экологии России и Федеральная служба защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор, бывший Госсанэпиднадзор РФ).

Основным нормативом качества воздуха является предельно допустимая концентрация (ПДК) — максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного действия, включая отдаленные последствия, и на окружающую среду в целом.

Величины ПДК загрязняющих веществ в воздухе приводятся в размерности, мг вещества на 1 м³ воздуха (мг/м³). Величины ПДК утверждаются — постановлением Главного государственного санитарного врача России. В зависимости от периода осреднения ПДК атмосферного воздуха населенных мест делятся на группы:

- а) **максимально-разовые ПДКм.р.** (20–30 мин осреднения);
- б) **среднесуточные ПДКс.с.** (24 часа осреднения).
- в) **среднегодовая ПДКс.г.** (предел уровня риска при хроническом, не менее 1 года, воздействии).

Предельно допустимая концентрация максимально разовая (ПДКм.р.) — концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 минут рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека.

Понятие ПДКм.р. используется при установлении научно-технических нормативов — предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ (ПДВ). Соблюдение предприятием норматива ПДВ означает, что в результате рассеивания его выбросов в атмосфере в приземном слое воздуха на границе санитарно-защитной зоны концентрация вредных веществ, содержащихся в выбросах, в любой момент времени не превысит ПДКм.р.

Предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДКс.с.) — это концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или

косвенного воздействия при неограниченно долгом (периодом в годы) вдыхании. Таким образом, ПДКс.с. рассчитана на все группы населения и на неопределенно долгий период воздействия и, следовательно, является самым жестким санитарно-гигиеническим нормативом, устанавливающим концентрацию вредного вещества во вдыхаемом воздухе. Именно величина ПДКс.с. обычно выступает в качестве критерия оценки благополучия воздушной среды в жилой зоне.

Предельно допустимая концентрация среднегодовая (ПДКс.г.) — это концентрация, обеспечивающая допустимые (приемлемые) уровни риска при хроническом (не менее 1 года) воздействии.

Также разрабатываются и утверждаются **предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ПДКр.з.)** Рабочая зона — пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на котором находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

В таблице 4.1 представлены для сравнения ПДК некоторых веществ в атмосферном воздухе (моментально разовые, среднесуточные и среднегодовые) и ПДК воздуха рабочей зоны (ПДКр.з.) представленные в [4].

Таблица 4.1.
Соотношение различных видов ПДК
в воздухе для некоторых веществ

Вещество	Формула	ПДКс.г., мг/м ³	ПДКс.с., мг/м ³	ПДКм.р., мг/м ³	ПДКр.з., мг/м ³
Азота диоксид	NO ₂	0,04	0,1	0,2	2
Азот (II) оксид	NO	0,06	—	0,4	—
Аммиак (азота гидрид)	NH ₃	0,04	0,1	0,2	20
Бензол	C ₆ H ₆	0,005	0,06	0,3	15/5*
Взвешенные вещества	—	0,075	0,15	0,5	—
Углерода оксид	CO	3,0	3,0	5,0	20

* — при наличии двух значений ПДКр.з.: в числителе указано значение максимально разовой предельно допустимой концентрации (ПДКр.з.м.р.), в знаменателе — среднесуточной предельно допустимой концентрации (ПДКр.з.с.с.).

Заметно, что для одного и того же вещества величина ПДКр.з. (ПДК рабочей зоны) значительно больше, чем ПДКм.р. Это объясняется тем, что на предприятии люди проводят только часть суток и, кроме того, там не могут находиться дети и пожилые люди с ослабленным здоровьем.

Значения ПДКр.з. и ПДКм.р. приводятся в специальных документах — гигиенических нормативах (санитарных правилах и нормах), утверждаемых Главным государственным санитарным врачом России, в настоящее время в том числе действуют СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [4].

Для некоторых загрязняющих (вредных) веществ вместо ПДК утверждены временные гигиенические регламенты — **ОБУВ**, имеющие ту же размерность, мг/м³. ОБУВ устанавливается сроком на три года, по истечении которого он должен быть пересмотрен или заменен значением ПДК. Так же, как и ПДК, ОБУВ утверждается постановлением Главного государственного санитарного врача РФ, согласно ПДК и ОБУВ являются гигиеническими регламентами загрязненности воздуха [4].

По степени токсического воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на четыре класса:

- чрезвычайно опасные (ртуть, свинец, фтористый водород (HF), бензапирен и др.);
- высокоопасные (серная кислота, хлор, мышьяк и др.);
- умеренно опасные (ксилол, табачная пыль, сероводород, и др.);
- малоопасные (ацетон, керосин, аммиак и т.д.).

Вредным веществам, для которых вместо ПДК установлен ОБУВ, класс опасности не присвоен.

Процесс обоснования величины ПДК для любого вредного вещества чрезвычайно долог, трудоемок и дорогостоящ. Для этого:

- а) проводятся многочисленные опыты на экспериментальных животных с целью установления порогов острого и хронического токсического действия;
- б) изучается ощущение запаха человеком;
- в) исследуется раздражающее действие на слизистые оболочки дыхательных путей и глаз;

- г) проводится сравнительное изучение заболеваемости населения в районах с чистым и загрязненным воздухом;
- д) делается оценка косвенного воздействия загрязнений на человека за счет снижения прозрачности воздуха, уменьшения освещенности жилищ, поглощения наиболее ценной — ультрафиолетовой части солнечного спектра.

Если загрязняющее вещество ощутимо по запаху в таких концентрациях, которые намного меньше начала его токсического действия (например, меркаптаны), то порог ощущения запаха принимается в качестве основного критерия (порога воздействия).

Процесс обоснования таких ответственных регламентов, как норматив ПДК, сопряжен с большой неопределенностью. Причины этого кроются:

- А) в больших внутривидовых различиях среди человеческой популяции;
- Б) необходимости переноса результатов опытов, проведенных с экспериментальными животными, на человека (межвидовые различия). Неудивительно, что нормативы ПДК, разработанные в разных странах, для некоторых загрязняющих веществ значительно различаются (Табл. 4.2).

Таблица 4.2.
Значения среднесуточных ПДКс.с., мг/м³,
загрязняющих веществ в воздухе в отдельных странах

Страна	Наименование загрязняющего вещества (приведены значения ПДКс.с. в мг/м ³)			
	Серы диоксид	Азота диоксид	Углерода аоксид	Взвешен. вещества
Россия	0,05	0,01	3,0	0,15
Япония	0,12	0,08	12,5	0,1
Австрия	0,2	0,1	7,0	0,12-0,2
Швейцария	0,1	0,08	8,0	0,15
Германия	0,14	0,08	10,0	0,15
Канада	0,12	0,16	н/д	0,2

В настоящее время в России ПДК атмосферного воздуха утверждены более чем для 1700 загрязняющих веществ, и этот список продолжает увеличиваться. При нормировании загрязнения атмосферного воздуха следует учитывать, что некоторые вредные вещества, поступая в атмосферный воздух, превращаются в другие вещества, зачастую более токсичные. Например, оксид азота окисляется до диоксида. При сравнении ожидаемых расчетных приземных концентраций с ПДК следует делать соответствующий перерасчет. При нормировании загрязнения атмосферного воздуха необходимо учитывать еще одно обстоятельство: ряд веществ при одновременном присутствии в воздухе обладает синергетическим эффектом, **суммации вредного действия**. В этом случае должно быть выполнено условие:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_3}{ПДК_3} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1 \quad (1)$$

где: C_1, C_2, \dots, C_n — фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе среды обитания человека; $ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ — предельно допустимые концентрации тех же веществ.

Для двух групп суммации при этом выражение в правой части формулы (1) может отличаться от 1. Так, при совместном присутствии в атмосферном воздухе диоксидов азота и серы обладающих частичной суммацией действия, сумма отношений их концентраций к ПДК не должна превышать величину — 1,6, а при совместном присутствии в атмосферном воздухе фтористого водорода и диоксида серы, обладающих частичной суммацией действия, сумма отношений их концентраций к ПДК не должна превышать величину — 1,8.

Исчерпывающий перечень веществ, обладающих эффектом суммации действия, приведен в СанПиН 1.2.3685-21, на сегодняшний день известна 51 группа полной суммации и 5 обладающих эффектом неполной суммации при совместном присутствии [4].

Экологические нормативы можно проиллюстрировать на примере нормативов $ПДК_{лес}$ — предельно допустимых значения концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, оказывающие вредное воздействие на лесные насаждения [5, 6]. На сегодня нормативы ПДК для леса разрабатываются на основе ГОСТ Р 56166-2019 «Качество атмосферного воздуха. Метод определения экологических нормативов на примере лесных экосистем». ГОСТ Р 56166-2019 устанавливает

метод определения значений экологических нормативов качества атмосферного воздуха, направленных на сохранение лесных экосистем, испытывающих негативное воздействие от промышленных выбросов. Поскольку вышеуказанный метод носит экспериментальный характер и определяет разные по значениям $ПДК_{лес}$ на пробных площадях в естественных условиях загрязнения атмосферного воздуха, сопоставим в упрощенном виде (как это представлено в Табл. 4.3) усредненные показатели $ПДК_{лес}$ представленные в более старом ГОСТ Р 56166-2014 и $ПДК_{с.с.}$ в воздухе населенных мест [6].

Таблица 4.3.
Сравнение $ПДК_{лес}$ и $ПДК_{с.с.}$ по ряду загрязняющих веществ

Вещество	Формула	$ПДК_{лес}$, мг/м ³	$ПДК_{с.с.}$, мг/м ³
Азота диоксид	NO ₂	0,04	0,1
Аммиак	NH ₃	0,1	0,1
Серы диоксид	SO ₂	0,3	0,5
Гидрофторид	HF	0,02	0,014

Сопоставляя данные из Таблицы 4.3, можно отметить, что на многие вещества, содержащиеся в воздухе, лес реагирует более чутко, чем человек (предельно допустимые концентрации для них меньше, чем для человека).

Контрольные вопросы по разделу:

1. Какие мелкодисперсные частицы входят в состав аэрозолей.
2. Поясните термин — вредные газообразные соединения (газы).
3. Какие три показателя лежат в основе нормативов предельно допустимых воздействий человека на атмосферу.
4. Какие группы нормативов предельно допустимых воздействий человека на атмосферу вы знаете.
5. Что такое ОБУВ.
6. Поясните термин — экологические нормативы.
7. Поясните термин — суммация вредного действия.

Библиографический список

1. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2007.
2. ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения. М.: Издательство стандартов, 1984.
3. Об охране окружающей среды : Федеральный закон Рос. Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ : принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 декабря 2001 г. : одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 26 декабря 2001 г. // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/
4. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. // Доступ из справ. — правовой системы «Гарант». URL: http://umka-nadym.ru/media/sub/962/documents/СанПиН_1.2.3685-21_от_28.01.2021_2.pdf
5. ГОСТ Р 56166-2019. Качество атмосферного воздуха. Метод определения экологических нормативов на примере лесных экосистем. // Доступ из электронного фонда правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200168647>
6. ГОСТ Р 56166-2014/ Качество атмосферного воздуха. Метод определения экологических нормативов на примере лесных экосистем. // Доступ из электронного фонда правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113827>

5. ПОКАЗАТЕЛИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ

Служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) выпустила руководящий документ, РД 52.04.667-2005 «Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию» [1]. Большое внимание в РД 52.04.667-2005 уделено **рассеивающей способности атмосферы**: определяемой метеорологическими условиями переноса и рассеивания примесей от источника загрязнения атмосферы.

Рассеивающая способность атмосферы определяется метеорологическими условиями и проявляется по-разному в зависимости от параметров выбросов промышленных труб. При низких и холодных выбросах (дымовые и вентиляционные трубы) вблизи источника концентрация примеси мала, она увеличивается на подветренной стороне и достигает максимума на некотором расстоянии от трубы в зависимости от скорости ветра. При высоких и горячих выбросах (трубы предприятий черной и цветной металлургии, некоторых химических производств, электростанций и т.д.) распределение примесей в атмосфере зависит как от скорости и направления ветра, так и от вертикального распределения температуры воздуха. При слабом ветре концентрации примесей у земли уменьшаются за счет увеличения подъема факела и переноса примесей вверх. При сильном ветре начальный вертикальный подъем примесей уменьшается,

но происходит возрастание скорости переноса примесей в горизонтальном направлении. Максимальные концентрации примесей обычно наблюдаются при некоторой «опасной» скорости ветра. Она зависит от параметров выбросов и, например, для мощного источника выбросов с перегретыми дымовыми газами относительно окружающего воздуха составляет 5–7 м/с, а для источника с низкой температурой выходящих газов, всего 1–2 м/с.

На концентрацию примесей в атмосфере также значительное влияние оказывает **температура воздуха**. Если температура с высотой падает, то летом в дневное время создаются условия для интенсивного турбулентного обмена, что приводит к возникновению в нижнем приземном слое воздуха значительных концентраций примесей, поступающих от высотных источников, и к заметным колебаниям концентраций со временем. Если в приземном слое воздуха температура с высотой растет (условия **инверсии температуры**), то рассеивание примесей ослабевает. В случае мощных и длительных инверсий при низких неорганизованных выбросах (выбросы от автотранспорта и др.) концентрации примесей могут существенно возрастать. В случае приподнятых инверсий концентрации загрязняющих веществ зависят от высоты расположения источника по отношению к нижней границе инверсии. Если источник расположен выше слоя приподнятой инверсии, то примесь поступает к земной поверхности в небольших количествах. Если источник располагается ниже слоя приподнятой инверсии, то основная часть примесей концентрируется вблизи поверхности земли.

Еще одним важным фактором влияния на концентрацию вредных примесей в атмосфере является **солнечная радиация и туман**. Солнечная радиация обуславливает фотохимические реакции в атмосфере и формирование различных вторичных продуктов, обладающих часто весьма токсичными свойствами. Так, в городах с развитым автомобильным движением в ясные солнечные дни создаются условия взаимного превращения NO_2 в NO с образованием озона, что способствует развитию **фотохимического смога**. При туманах концентрации примесей могут сильно увеличиться за счет приземной инверсии и повышенной влажности воздуха. С туманами часто связаны зимние смоги, при которых в течение длительного времени высокие концентрации вредных примесей удерживаются в приземном слое воздуха.

На рассеивание примесей в условиях города также существенно влияют высота зданий, планировка улиц, их ширина и направление. В крупных городах при длительных прояснениях погоды (антициклональный тип погоды) нередко формируется **городской «остров тепла»** со своей структурой циркуляции атмосферы, когда образуется устойчивый поток воздуха к центру такого острова, и все вредные примеси сосредотачиваются в обширной, образовавшейся за несколько дней, области «острова тепла». Такие условия нередко создаются в зимнее время в промышленных городах, особенно в Сибири (Рисунок 5.1).



Рис. 5.1. Городской остров тепла, с восходящим потоком воздуха в центре города

Естественные топографические условия в городе также являются важными факторами, определяющими «климат» качества атмосферного воздуха. В условиях пересеченной местности на наветренных склонах возникают восходящие, а на подветренных — нисходящие движения, над водоемами летом — нисходящие, а в прибрежных районах — восходящие движения. При нисходящих потоках приземные концентрации увеличиваются, при восходящих — уменьшаются. В некоторых формах рельефа, например, в котловинах, где ведутся разработки или вблизи находится низкий источник выбросов, воздух застаивается, что приводит к накоплению вредных примесей вблизи подстилающей поверхности. В холмистой местности максимумы приземной концентрации примесей обычно больше, чем при относительно ровном рельефе.

Территория России характеризуется большим разнообразием климатических условий, определяющих **потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА)** — сочетание метеорологических условий, обуславливающих уровень возможного загрязнения атмосферы при данных источниках выбросов [2]. ПЗА определяет перенос и рассеивание примесей, поступающих в воздушный бассейн города с выбросами от предприятий и автотранспорта. В таблице 5.1 приведены средние многолетние значения климатических параметров, определяющих ПЗА (повторяемость, мощность и интенсивность приземных инверсий, повторяемость скорости ветра в диапазоне 0–1 м/с и застоев воздуха, продолжительность туманов).

Таблица 5.1.
Средние многолетние значения климатических параметров, определяющих ПЗА

ПЗА	Приземные инверсии			Повторяемость, %		Продолжительность туманов, ч
	Повторяемость, %	Мощность, км	Интенсивность, C_0	Скорость ветра, 0–1, м/с	Застой воздуха	
1. Низкий	20–30	0,3–0,4	2–3	10–20	5–10	0,7–0,8
2. Умеренный	30–40	0,4–0,5	3–5	20–30	7–12	0,8–1,0
3.1. Повышенный (континент.)	30–45	0,3–0,6	2–6	20–40	8–18	0,7–1,0
3.2. Повышенный (приморск.)	30–45	0,3–0,7	2–6	10–30	10–25	0,4–1,1
4. Высокий	40–50	0,3–0,7	3–6	30–60	10–30	0,7–1,6
5. Очень высокий	40–60	0,3–0,9	3–10	50–70	20–45	0,8–1,6

Как следует из таблицы 5.1, повторяемость приземных инверсий различается по территории России почти в 3 раза. Еще в большей степени различаются повторяемости скорости ветра при изучаемом диапазоне 0–1 м/с.

Районирование территории бывшего СССР по климатическим условиям, определяющим рассеивающую способность атмосферы от низких источников выбросов (с учетом потенциала загрязнения атмосферы — ПЗА) представлено на рисунке 5.2.

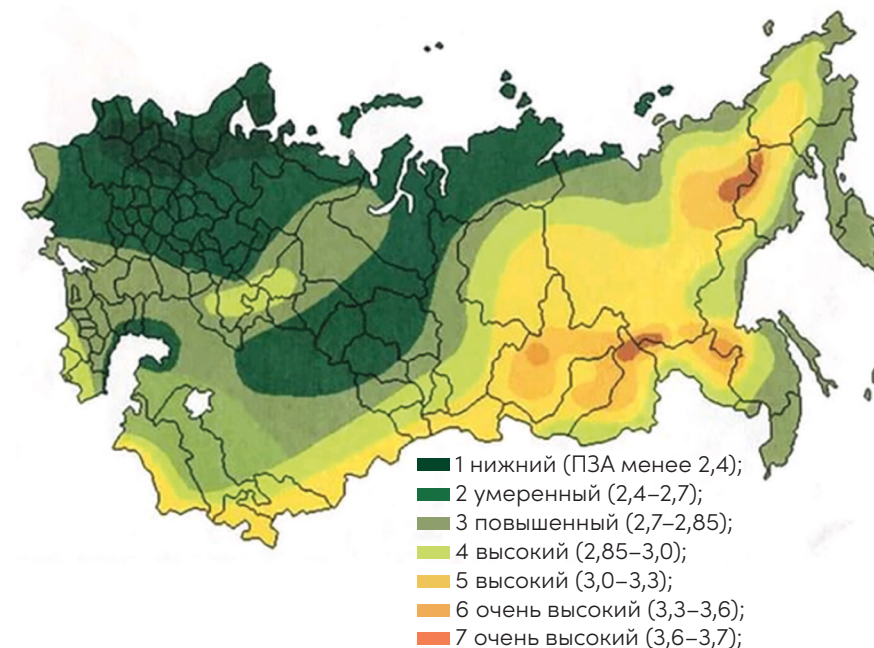


Рис. 5.2. Районирование территории бывшего СССР по климатическим условиям, определяющим рассеивающую способность атмосферы

В РД 52.04.667-2005 определены обозначения и методы определения значений примесей, и их соотношений к ПДК используемых в расчетах, в том числе следующие параметры.

Среднесуточная концентрация примеси, q_c , измеряется в $мг/м^3$ ($мкг/м^3$) — среднее арифметическое значение разовых концентраций, q_i — полученных через равные промежутки времени, включая

обязательные сроки 1; 7; 13; 19 ч, а также значение концентрации, полученное по данным непрерывной регистрации в течение суток.

Формула для определения среднесуточной концентрации примеси:

$$\overline{q_c} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} \quad (5.1)$$

где n — количество разовых концентраций, измеренных за 1 сутки ($n \geq 4$); q_i — значения разовых концентраций.

Среднемесячная концентрация примеси, $q_{мес}$, измеряется в $мг/м^3$ ($мкг/м^3$) — среднее арифметическое значение разовых или среднесуточных концентраций, измеренных в течение месяца, а также полученное по специальной месячной программе.

Формула для определения среднемесячной концентрации примеси:

$$\overline{q_{мес}} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} = q_j \quad (5.2)$$

где: n — количество разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение j -го месяца ($n \geq 20$ в месяц для разовых); q_i — значения разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение j -го месяца.

Среднегодовая концентрация примеси, q_{cp} , измеряется в $мг/м^3$ ($мкг/м^3$) — среднее арифметическое значение разовых или среднесуточных концентраций, измеренных в течение года.

Формула для определения среднегодовой концентрации примеси:

$$q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} = \frac{\sum_{j=1}^n (q_j \cdot n_j)}{\sum_{j=1}^n n_j} \quad (5.3)$$

где: n — количество разовых или среднесуточных концентраций за год ($n \geq 300$ в год для разовых, $n \geq 180$ в год для среднесуточных); q_i — значения разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение j -го месяца; q_j — среднемесячная концентрация за j -й месяц; n_j — количество разовых или среднесуточных концентраций за месяц.

Максимальная из среднесуточных концентраций, $\overline{q_{с.м.}}$ измеряется в $мг/м^3$ ($мкг/м^3$). Выбирается как наибольшее значение из вариационного убывающего ряда среднесуточных концентраций по данным за рассматриваемый период.

Максимальная из среднемесячных концентраций, $\overline{q_{мес.м.}}$ измеряется в $мг/м^3$ ($мкг/м^3$). Выбирается как наибольшее значение из убывающего вариационного ряда среднемесячных концентраций по данным за год или ряд лет в городе.

Максимальная из разовых концентраций по данным подфакельных наблюдений, $q_{пфн.м.}$ измеряется в $мг/м^3$ ($мкг/м^3$). Выбирается как наибольшее значение из вариационного убывающего ряда наблюдений за содержанием примеси под факелом выбросов в городе за год.

Среднее квадратическое отклонение разовых концентраций от среднегодовой, σ

Формула для определения среднее квадратического отклонения разовых концентраций от среднегодовой:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_{cp})^2}{n - 1}} \quad (5.4)$$

где: n — количество разовых концентраций за год; q_i — значения разовых концентраций; q_{cp} — среднегодовая концентрация примеси.

Коэффициент вариации концентраций, V — статистическая характеристика ряда концентраций примеси за расчетный период.

Формула для определения коэффициента вариации концентраций:

$$V = \frac{\sigma}{q} \quad (5.5)$$

где: q — средняя концентрация за расчетный период; σ — среднее квадратическое отклонения разовых концентраций за расчетный период.

Расчетная максимальная концентрация примеси, q_m^p , измеряется в мг/м³ (мкг/м³) — максимальная концентрация примеси с заданной вероятностью (P) ее превышения. Максимальная концентрация, полученная из предположения логнормального распределения концентраций примеси в атмосфере для заданной вероятности ее превышения.

Формула для определения расчетной максимальной концентрации примеси:

$$q_m^p = \frac{q \cdot \exp\left(z \cdot \sqrt{\ln(1+V^2)}\right)}{\sqrt{1+V^2}} \quad (5.6)$$

где q — средняя за расчетный период концентрация; z — аргумент интеграла вероятности: при $P = 0,1$ %, значение $z = 3,08$; при $P = 1$ %, значение $z = 2,33$; при $P = 5$ % значение $z = 1,65$; V — коэффициент вариации концентраций.

Фоновая концентрация, q_{ϕ} , измеряется в мг/м³ (мкг/м³) — концентрация загрязняющего вещества, создаваемая всеми источниками загрязнения атмосферы, исключая рассматриваемый. Рассчитывается при заданных значениях скорости и направления ветра.

Формула для определения фоновой концентрации:

$$q_{\phi} = \frac{\bar{q}_{\phi} \cdot \exp\left(1,65 \cdot \sqrt{\ln(1+V^2)}\right)}{\sqrt{1+V^2}} \quad (5.7)$$

где \bar{q}_{ϕ} — средняя концентрация, полученная за ряд лет; V — коэффициент вариации концентраций.

Стандартный индекс — коэффициент для выражения концентрации примеси в единицах ПДК.

Формула для определения стандартного индекса:

$$СИ = \frac{q_m}{ПДК_{м.р.}} \quad (5.8)$$

где q_m — максимальное значение из разовых концентраций примеси из всех данных измерений в отдельной точке или в различных точках населенного пункта за рассматриваемый период; ПДК_{м.р.} — предельно допустимая максимально разовая концентрация для выбранного вредного вещества.

Наибольшая повторяемость (НП), g, g_1, g_2 — повторяемость концентраций примеси в воздухе выше заданного уровня по посту, либо по K постам города. Повторяемость определяется в процентах случаев превышения заданного уровня разовыми значениями концентрации примеси.

Формула определения наибольшей повторяемости:

$$g = \frac{m}{n} \cdot 100\%; g_1 = \frac{m_1}{n} \cdot 100\%; g_2 = \frac{m_2}{n} \cdot 100\% \quad (5.9)$$

где n — количество наблюдений за рассматриваемый период ($n \geq 50$); m, m_1, m_2 — количество превышений разовыми концентрациями на посту (станции) или на всех постах города уровня 1 ПДК, 5 ПДК, 10 ПДК.

Комплексный индекс загрязнения атмосферы, I (учитывающий несколько примесей).

Формула для определения комплексного индекса загрязнения атмосферы:

$$I = \sum_{i=1}^{n_2} I_i = \sum_{i=1}^{n_2} \left(\frac{q_{ср}}{ПДК_{с.с.i}} \right)^{C_i} \quad (5.10)$$

где i — примесь загрязняющего вещества; $q_{срi}$ — среднегодовая концентрация примеси i -ого загрязняющего вещества; C_i — константа, принимающая значения 1,5; 1,3; 1,0; 0,85 для соответственно 1, 2, 3, 4 классов опасности веществ, позволяющая привести степень вредности i -го вещества к степени вредности диоксида серы; ПДК_{с.с.i} — предельно допустимая концентрация среднесуточная для выбранного вредного вещества; n_2 — количество загрязняющих веществ, рассмотренных при проведении расчетов.

Для оценки уровня загрязнения воздуха используются три показателя: ИЗА, СИ, НП [3], рассчитываемые по формулам (5.8), (5.9), (5.10).

В соответствии с существующими методами оценки уровень загрязнения считается:

- **низким** при ИЗА от 0 до 4, СИ ≤ 1 , НП = 0%;

- *повышенным* при ИЗА от 5 до 6, СИ = 2-4, НП = 1-19%;
- *высоким* при ИЗА от 7 до 13, СИ = 5-10, НП = 20-50%;
- *очень высоким* при ИЗА ≥ 14 , СИ > 10 НП $> 50\%$.

Если ИЗА, СИ и НП попадают в разные градации, то степень загрязнения атмосферы оценивается по ИЗА.

При этом, важно отметить, что не допускается превышение гигиенических нормативов содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе:

- в жилой зоне — 1,0 ПДК (ОБУВ);
- на территории, выделенной в документах градостроительного зонирования, решениях органов местного самоуправления для организации курортных зон, размещения санаториев, домов отдыха, пансионатов, туристских баз, организованного отдыха населения, в том числе пляжей, парков, спортивных баз и их сооружений на открытом воздухе, а также на территориях размещения лечебно-профилактических учреждений длительного пребывания больных и центров реабилитации — 0,8 ПДК (ОБУВ).

Эксплуатация объектов, являющихся источниками химического, физического, биологического воздействия на среду обитания человека, создающих с учетом фона по указанным факторам ПДК (ОБУВ) и (или) ПДУ, превышающие гигиенические нормативы на границе санитарно-защитной зоны или на территориях и объектах, курортных зон, санаториев, домов отдыха, пансионатов, туристских баз, организованного отдыха населения, в том числе пляжей, парков, спортивных баз и их сооружений на открытом воздухе, а также на территориях размещения лечебно-профилактических учреждений длительного пребывания больных и центров реабилитации, осуществляется их правообладателями при условии разработки и реализации санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, направленных на снижение уровней воздействия до ПДК (ОБУВ), ПДУ на границе санитарно-защитной зоны или на указанных территориях, объектах [4].

Контрольные вопросы по разделу:

1. Поясните термин — рассеивающая способность атмосферы.
2. Условия инверсии температуры.
3. Факторы, влияющие на рассеивание примесей в условиях города
4. Поясните термин — потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА).
5. Как определяются показатели усредненных концентраций примесей при обработке результатов измерений.
6. Как определяются показатели ИЗА, СИ, наибольшей повторяемости.
7. По каким показателям оценивается уровень загрязнения в населенном пункте.

Библиографический список

1. РД 52.04.667-2005. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006 // Доступ из электронного фонда ГОСТ РФ. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4293791/4293791180.pdf>
2. ГОСТ 17.2.1.04-77. Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения. // Доступ из электронного фонда МЕГАНОРМ. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294851/4294851979.htm>
3. // Доступ из справ. РИА-новости. Уровни загрязнения атмосферного воздуха. Справка. URL: <https://ria.ru/20090916/185297779.html>
4. СанПиН 2.1.3.684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: <https://mpr.amurobl.ru/upload/iblock/40a/40a637d1fdf14a1f281423c266c8955f.pdf>

6. РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ ПРИ ЕГО ОЧИСТКЕ С ПОМОЩЬЮ ВОЗДУХООЧИСТИТЕЛЕЙ, ЕСТЕСТВЕННОЙ И ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Сверхнормативное содержание вредных газов, паров и пыли в воздухе жилых и рабочих помещений наносит непоправимый вред, находящимся внутри помещения, людям, уменьшает продолжительность их жизни, вызывает, воспаление дыхательных путей и глаз, аллергические реакции кожи, злокачественные и иные заболевания [1-3]. При этом вредные газы, пары и пыль могут поступать в помещение из загрязненного атмосферного воздуха, а также вырабатываться в результате различных физико-химических процессов внутри помещения. Так, согласно статистическим данным, в 89% городов России отмечается превышение санитарно-гигиенических нормативов загрязнения атмосферного воздуха, в 139 городах с общей численностью населения более 52 миллионов человек средняя за год концентрация одного или нескольких загрязняющих веществ в воздухе кратно превышает ПДК [4]. Внутри помещения также могут присутствовать загрязнители, выделяемые из лакокрасочных покрытий стен, мебели, и дверей, некачественной теплоизоляции, работающих бытовых приборов, такие как формальдегид, фенол, бензол, толуол, этилбензол, метиловый спирт, угарный газ, озон, и другие. В этой связи требование, связанное с обеспечением комфортного и безопасного нахождения людей внутри

промышленных, общественных и жилых зданий обосновывается целым рядом нормативных документов, в том числе в ГОСТ, СНиП, санитарно-эпидемиологических правилах и нормах, гигиенических нормативах [5-11]. Существует много способов достижения вышеуказанных требований, это естественная и искусственная вентиляция помещения, использование воздухоочистителей с установленными НЕРА-фильтрами, электростатическими, плазменными, химическими и угольными фильтрами, гидрофильтрами, фотокатализаторами, озонаторами и другими фильтрами, очищающими воздух. Практическому применению данных способов и систем препятствует отсутствие расчетных методов, позволяющих за локальный промежуток времени в 2-200 минут, определять изменение концентрации химических и биологических загрязнений в воздухе помещения.

Наличие расчетных методов, позволяющих с небольшой погрешностью прогнозировать изменение концентрации каждого отдельного химического и биологического компонента воздуха внутри помещения, позволит подобрать наиболее простые и малозатратные способы очистки воздуха, избежать избыточных затрат, правильно определить мощность воздухоочистителя и комплектацию специализированных фильтров внутри воздухоочистителя.

В этой связи, проведем прямой массообменный расчет и для отдельного загрязняющего воздух вещества (химического соединения или аэрозоли в виде биологического или химического загрязнителя). Введем упрощение, связанное с небольшими линейными размерами помещения и быстрым выравниванием концентрации загрязняющего воздух вещества внутри помещения в результате массообмена и диффузии. Массообменный расчет разобьем на две части, изменение концентрации загрязняющего воздух вещества при естественной и искусственной вентиляции помещения и, изменение концентрации загрязняющего воздух вещества при использовании воздухоочистителя.

Изменение концентрации загрязняющего воздух вещества при естественной и искусственной вентиляции помещения может быть рассчитано следующим образом. Для расчета введем показатель суммарной массы загрязнений аэрозоли или химического соединения (X) в воздухе комнаты зависящий от времени, $a(t)$. Откуда значение средней концентрации загрязняющего воздух вещества $C_t(X)$ в воздухе помещения рассчитывается по формуле:

$$C_i(X) = \frac{a(t)}{V} \quad (6.1)$$

где $a(t)$ — суммарная масса загрязнений химического элемента (X) в воздухе помещения, [мг]; V — объем помещения, [м³].

Считаем, что концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе за пределами помещения на период расчета остается постоянной $C_{\text{вх}}$ а вынужденная или естественная вентиляция сопровождается отводом из помещения воздуха с объемным расходом Q и подачей из атмосферы вне помещения воздушной массы с таким же расходом Q . Тогда для расчета суммарной массы загрязняющего воздух вещества (X) справедлива следующая формула:

$$a(T) = a_0 - \int_0^T C_i(X) \cdot Q \cdot dt + \int_0^T C_{\text{вх}} \cdot Q \cdot dt \quad (6.2)$$

где Q — расход воздуха, выходящего из помещения, [м³/с]; V — объем помещения, [м³]; $C_{\text{вх}}$ — концентрация загрязняющего вещества во входящем потоке воздуха, [мг/м³]; a_0 — первоначальная суммарная масса загрязнений химического элемента (X) в воздухе помещения [мг]; T — общее время вентиляции помещения, [с]; t — переменная, определяющая интегрирование по времени от 0 до T .

В формуле (6.2) величина $\int_0^T C_i(X) \cdot Q \cdot dt$ — определяет массу загрязняющего вещества в потоке отводимого воздуха, покинувшего помещение и попавшего в атмосферу за время T , а величина $\int_0^T C_{\text{вх}} \cdot Q$ — определяет массу загрязняющего вещества поступившего в помещение в потоке воздуха из атмосферы за время T . С учетом (1) формула (6.2) может быть преобразована в уравнение:

$$a(T) = a_0 - \int_0^T \frac{a(t)}{V} \cdot Q \cdot dt + \int_0^T C_{\text{вх}} \cdot Q \cdot dt \quad (6.3)$$

Решаем уравнение (6.3) методом подстановки, с использованием следующей зависимости:

$$a(t) = \gamma \cdot e^{\alpha t} + \beta \quad (6.4)$$

где: e — число Эйлера (2,718...); γ, α, β — константы, определяемые при решении уравнения (3).

После подстановки (4) в уравнение (3), с учетом упрощения о постоянстве $C_{\text{вх}}$ получаем соотношение:

$$\gamma \cdot e^{\alpha T} + \beta = a_0 - \frac{\gamma \cdot Q}{\alpha \cdot V} \cdot e^{\alpha T} + \frac{\gamma \cdot Q}{\alpha \cdot V} - \frac{\beta \cdot Q}{V} \cdot T + C_{\text{вх}} \cdot Q \cdot T \quad (6.5)$$

Выражение (6.5) с учетом различных параметрических зависимостей от конечного времени T и констант может быть разбито на отдельные составные уравнения:

$$\begin{aligned} \gamma \cdot e^{\alpha T} &= -\frac{\gamma \cdot Q}{\alpha \cdot V} \cdot e^{\alpha T}; \beta = a_0 + \frac{\gamma \cdot Q}{\alpha \cdot V}; \\ -\frac{\beta \cdot Q}{V} \cdot T + C_{\text{вх}} \cdot Q \cdot T &= 0 \end{aligned} \quad (6.6)$$

Из уравнений (6.6) получаем следующие решения:

$$\alpha = -\frac{Q}{V} \quad (6.7)$$

$$\beta = C_{\text{вх}} \cdot V \quad (6.8)$$

$$\gamma = a_0 - C_{\text{вх}} \cdot V \quad (6.9)$$

Подставив константы (6.7), (6.8), (6.9) в выражение (6.4) получим суммарную массу загрязнений химического элемента (X) в воздухе помещения в момент конечного времени T :

$$a(T) = (a_0 - C_{\text{вх}} \cdot V) \cdot e^{\left(\frac{Q}{V}T\right)} + C_{\text{вх}} \cdot V \quad (6.10)$$

С учетом (6.1) выражение (6.10) значение средней концентрации загрязняющего воздух вещества $C_i(X)$ в воздухе помещения может быть определено как:

$$C_i(X) = \left(\frac{a_0}{V} - C_{\text{вх}}\right) \cdot e^{\left(\frac{Q}{V}T\right)} + C_{\text{вх}} \quad (6.11)$$

или:

$$C_i(X) = (C_0 - C_{\text{вх}}) \cdot e^{\left(\frac{Q}{V}T\right)} + C_{\text{вх}} \quad (6.12)$$

$$C_0 = \frac{a_0}{V}$$

где C_0 — начальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе помещения, [мг/м³].

Таким образом, зная такие параметры как: концентрация загрязняющего вещества во входящем потоке воздуха, начальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе помещения, расход воздуха, и объем помещения, по формуле (6.12) можно определить, как будет меняться концентрация загрязняющего вещества в зависимости от времени естественной или искусственной вентиляции помещения.

В качестве примера изучим два случая. **На первом этапе** рассмотрим ситуацию, когда небольшое жилое, административное или офисное помещение находится на нижнем этаже сильно запыленного города. При закрытом окне пыль в течении нескольких часов осаждается и далее удаляется в процессе уборки помещения, при проветривании помещения оно постепенно заполняется воздухом с большим содержанием пыли. Выберем уровень запыленности, примерно соответствующий средней концентрации взвешенных веществ в Махачкале ($4,1 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$), Магнитогорске ($3 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$), Воронеже ($2,1 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$), где $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ среднесуточная предельно допустимая концентрация взвешенных веществ ($\text{ПДК}_{\text{с.с.}} = 0,15 \text{ мг/м}^3$), согласно [4, 6]. Для жилого помещения, требуемый воздухообмен на одного человека должен составлять не менее $30 \text{ м}^3/\text{час}$ ($0,008 \text{ м}^3/\text{с}$), определим расчетный расход воздуха как, $Q = 0,015 \text{ м}^3/\text{с}$ [5, 7]. Для расчетов определим как незначительную, начальную концентрацию взвешенных веществ в помещении, $C_0 = 0$ и внутренний объем помещения, $V = 60 \text{ м}^3$, результаты расчетов в программе Microsoft Excel по формуле (6.12) представлены на Рисунке 6.1.

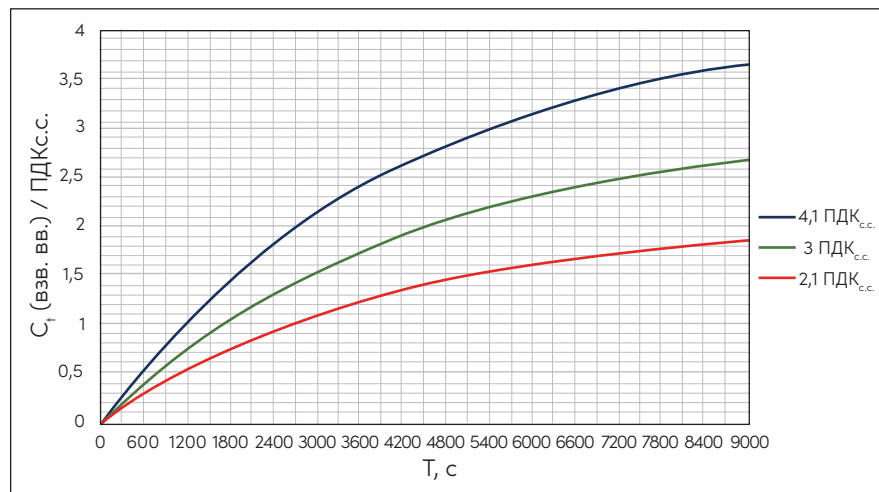


Рис. 6.1. Расчет изменения отношения средней концентрации взвешенных веществ к $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ в помещении (объемом 60 м^3) при его естественной вентиляции (с расходом $0,015 \text{ м}^3/\text{с}$) и внешнем загрязнении окружающей среды: I — $0,615 \text{ мг/м}^3$ ($4,1 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$); II — $0,45 \text{ мг/м}^3$ ($3 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$); III — $0,315 \text{ мг/м}^3$ ($2,1 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$)

Расчет позволяет определить время, за которое помещение насыщается взвешенными веществами и становится небезопасным для проживания, так при загрязнении внешней среды взвешенными веществами с концентрацией $0,615 \text{ мг/м}^3$ ($4,1 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$) через 20 минут после начала вентиляции, концентрация в помещении превысит ПДК, а через 90 минут, три ПДК. При меньшем загрязнении внешней среды взвешенными веществами с концентрацией $0,315 \text{ мг/м}^3$ ($2,1 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$), превышение порога загрязнения помещения в 1 ПДК наступит только через 45 минут.

Рассмотрим еще один пример, при окрашивании стен и обработке деревянных поверхностей внутри помещения появились пары растворителей толуола (растворитель мебельный, по толуолу, $\text{ПДК}_{\text{с.с.}} = 0,07 \text{ мг/м}^3$), и бутилацетата ($\text{ПДК}_{\text{с.с.}} = 0,1 \text{ мг/м}^3$). определим концентрацию паров для двух данных растворителей как, соответственно, десятикратно и пятикратно превышающую $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ [6]. Определим время естественной вентиляции помещения, при котором концентрация паров растворителей уменьшится до $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$, если концентрация паров растворителей в атмосферном воздухе $C_{\text{вх}}$, равна нулю, как и в предыдущем случае, проведем расчет по формуле (6.12) для внутреннего объема помещения, $V = 60 \text{ м}^3$, и расчетного расхода воздуха, $Q = 0,015 \text{ м}^3/\text{с}$. Результаты расчетов представлены на Рисунке 6.2.

Согласно расчету по формуле (6.12), через 110 минут после вентиляции и проветривания помещения концентрация паров бутилацетата внутри помещения станет ниже $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$, а через 155 минут ниже $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ опустится концентрация паров толуола и в помещении можно будет находиться без защитной маски.

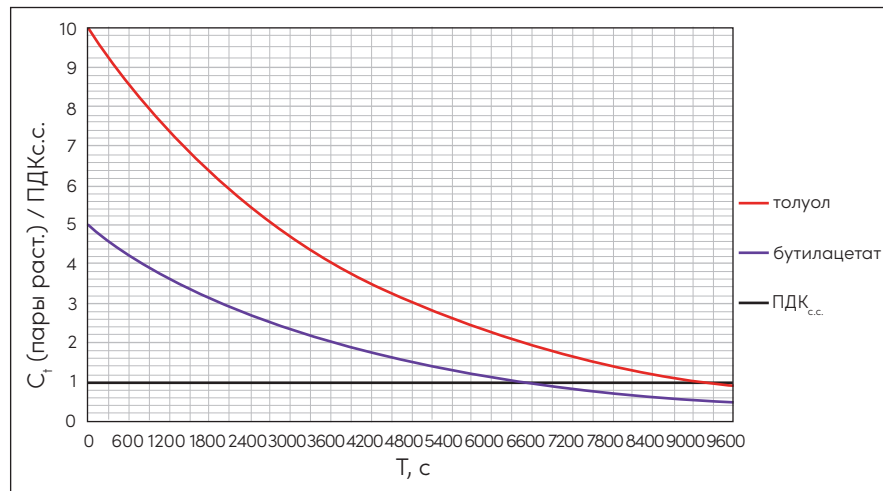


Рис. 6.2. Расчет изменения соотношения средней концентрации паров растворителей к ПДК_{сс} в помещении (объемом 60 м³) при его естественной вентиляции (с расходом 0,015 м³/с) и начальной концентрации внутри помещения: I — толуол, 0,7 мг/м³ (10 ПДК_{сс}); II — бутилацетат, 0,5 мг/м³ (5 ПДК_{сс})

Расчетное задание: используя программу Microsoft Excel рассчитайте ожидаемое изменение концентрации загрязняющих веществ внутри небольшого промышленного помещения при его вентиляции. Результаты расчетов соотнесите с предельно допустимой концентрацией вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ПДК_{раб.з.}) указанном в [6]. Расчет представьте в виде графика с осью ординат соответствующей средней концентрации загрязняющего вещества к предельно допустимой концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны ($C_t(X)/\text{ПДК}_{\text{раб.з.}}$), и ось абсцисс соответствующей времени вентиляции помещения (T). Варианты расчетных заданий представлены в Таблице 6.1.

Таблице 6.1.
Расчетное задание 1

Номер задачи	V, объем помещения, м ³	Q, расход воздуха, м ³ /с	Вещество	C _{вх} , концентр. заг. вещ. в атм. воздухе, мг/м ³	C ₀ , нач. конц. заг. вещ. в воздухе помещ., мг/м ³	ПДК _{раб.з.} , мг/м ³	T, время вен., с
1	30	0,020	NO ₂	0,002	4,0	2,0	10800
2	40	0,042	NO ₂	0,010	5,0	2,0	10800
3	45	0,050	NO ₂	0,001	4,5	2,0	7200
4	35	0,044	NO ₂	0,004	3,5	2,0	7200
5	25	0,015	NO ₂	0,003	6,1	2,0	10800
6	34	0,022	NO ₂	0,009	5,2	2,0	10800
7	37	0,045	NO ₂	0,007	4,4	2,0	7200
8	28	0,042	H ₂ S	0,012	14,4	10,0	7200
9	37	0,041	H ₂ S	0,014	20,5	10,0	10800
10	44	0,030	H ₂ S	0,015	16,5	10,0	10800
11	42	0,043	H ₂ S	0,019	17,4	10,0	7200
12	24	0,032	H ₂ S	0,018	34,3	10,0	7200
13	27	0,043	H ₂ S	0,011	35,8	10,0	10800
14	50	0,048	H ₂ S	0,017	32,3	10,0	10800
15	33	0,032	C ₇ H ₄ Cl ₂ F ₂	0,001	7,4	2,0	7200
16	29	0,045	C ₇ H ₄ Cl ₂ F ₂	0,001	8,9	2,0	7200
17	31	0,048	C ₇ H ₄ Cl ₂ F ₂	0,001	3,7	2,0	10800
18	30	0,052	C ₇ H ₄ Cl ₂ F ₂	0,001	4,5	2,0	10800
20	45	0,039	C ₇ H ₄ Cl ₂ F ₂	0,001	5,8	2,0	7200
21	44	0,047	CCl ₂ O	0,001	0,9	0,5	7200
22	40	0,045	CCl ₂ O	0,002	0,8	0,5	10800
23	20	0,018	CCl ₂ O	0,001	1,7	0,5	10800
25	15	0,040	CCl ₂ O	0,002	2,5	0,5	7200

Продолжение таблицы 6.1.

Номер задачи	V, объем помещения, м ³	Q, расход воздуха, м ³ /с	Вещество	C _{вх} , концентр. заг. вещ. в атм. воздухе, мг/м ³	C ₀ , нач. конц. заг. вещ. в воздухе помещ., мг/м ³	ПДК _{раб.с.} , мг/м ³	T, время вент., с
26	40	0,038	CCl ₂ O	0,001	1,9	0,5	7200
27	33	0,050	CH ₄	2,000	11032	7000	10800
28	24	0,027	CH ₄	3,000	15776	7000	10800
29	28	0,030	CH ₄	4,000	14238	7000	7200
30	30	0,031	CH ₄	1,000	18057	7000	7200
31	35	0,042	CH ₄	5,000	12134	7000	10800
32	39	0,050	CH ₄	7,000	11874	7000	10800

На втором этапе найдем формулу, позволяющую при усредненных начальных данных с небольшой погрешностью определять изменение концентрации загрязнителя в помещении, внутри которого функционирует воздухоочиститель. Для определения эффективности работы воздухоочистителя используем значение средней концентрации загрязняющего вещества в воздухе помещения $C_{\text{тпом}}(X)$. Эффективность работы воздухоочистителя выразим, через коэффициент очистки, k , как отношение массовой доли загрязняющего вещества задерживаемой на фильтрах воздухоочистителя ко всей массе загрязняющего вещества, проходящего через воздухоочиститель при номинальном расходе воздуха. Коэффициент очистки меняется от 0 до 1, и при $k = 1$ вся масса загрязняющего вещества задерживается воздухоочистителем, а при $k = 0$, проходит через воздухоочиститель, не задерживаясь на фильтрах. Сделаем небольшое упрощение, считая, что в течении нескольких часов работы воздухоочистителя, качество очистки сильно не меняется и k остается постоянной величиной. Для расчета введем показатель суммарной массы загрязняющего вещества, аэрозоли или химического соединения (X) в воздухе помещения, зависящий от времени, $a(t)$.

Соответственно, по аналогии с формулой (6.1) значение средней концентрации загрязняющего вещества $C_{\text{тпом}}(X)$ в воздухе помещения определяется как:

$$C_{\text{тпом}}(X) = \frac{a(t)}{V} \quad (6.13)$$

где V — объем помещения, [м³]; $C_{\text{тпом}}(X)$ — концентрация загрязняющего вещества (X) в воздухе помещения, [мг/м³]; $a(t)$ — суммарная масса загрязнений химического элемента (X) в воздухе помещения, [мг].

Тогда массу $m_t(X)$ загрязняющего вещества (X), задерживаемую воздухоочистителем за единицу времени, в момент времени, t можно рассчитать на основе следующего выражения:

$$m_t(X) = C_{\text{тпом}}(X) \cdot Q_{\text{воз}} \cdot k \quad (6.14)$$

где $m_t(X)$ — масса загрязняющего вещества, задерживаемая воздухоочистителем в единицу времени [мг/с]; $Q_{\text{воз}}$ — расход воздуха проходящего через воздухоочиститель [м³/с]; k — безразмерный коэффициент очистки, определяющий эффективность работы воздухоочистителя при очистке воздуха от выбранного загрязняющего вещества (X).

Тогда для расчета суммарной массы загрязнений загрязняющего вещества (X) в воздухе помещения в момент времени, T справедлива следующая формула:

$$a(T) = a_0 - \int_0^T m_t(X) \cdot dt \quad (6.15)$$

где: a_0 — первоначальная суммарная масса загрязнений химического элемента (X) в воздухе помещения [мг]; T — общее время очистки помещения, [с]; t — переменная, определяющая интегрирование по времени от 0 до T . Здесь выражение $\int_0^T m_t(X) \cdot dt$ определяет массу вещества задержанную воздухоочистителем за время T .

С учетом (6.13) и (6.14) формула (6.15) может быть преобразована в уравнение:

$$a(T) = a_0 - \int_0^T \frac{a(t)}{V} \cdot Q_{\text{воз}} \cdot k \cdot dt \quad (6.16)$$

Уравнение (6.16) решается методом подстановки, с использованием следующей зависимости:

$$a(t) = \varepsilon \cdot e^{-\tau t} \quad (6.17)$$

где: e — число Эйлера (2,718..); ε , τ — константы, определяемые при решении уравнения (6.16). После постановки (6.17) в (6.16) и интегрирования может быть получено следующее уравнение:

$$\varepsilon \cdot e^{\tau T} = a_0 - \frac{\varepsilon \cdot e^{\tau T}}{V \cdot \tau} \cdot Q_{\text{воз}} \cdot k + \frac{\varepsilon}{V \cdot \tau} \cdot Q_{\text{воз}} \cdot k \quad (6.18)$$

Выражение (6.18) имеет следующие решения для констант ε и τ :

$$\tau = \frac{Q_{\text{воз}} \cdot k}{V} \quad (6.19)$$

$$\varepsilon = -\frac{a_0 \cdot \tau \cdot V}{Q_{\text{воз}} \cdot k} = a_0 \quad (6.20)$$

С учетом (6.15) и (6.20), выражение (6.17) может быть преобразовано в формулу суммарной массы загрязняющего вещества (X) в воздухе помещения:

$$a(T) = a_0 \cdot e^{-\left(\frac{Q_{\text{воз}} \cdot k}{V} T\right)} \quad (6.21)$$

Формула (6.21) с учетом (6.13) преобразуется в:

$$C_{\text{пом}}(X) = C_{0\text{пом}}(X) \cdot e^{-\left(\frac{Q_{\text{воз}} \cdot k}{V} T\right)} \quad (6.22)$$

$$C_{0\text{пом}}(X) = \frac{a_0}{V} \quad (6.23)$$

где $C_{0\text{пом}}(X)$ — начальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе помещения, [мг/м³].

Рассмотрим такую задачу, помещение, в результате технических работ, было насыщено оксидом углерода, с концентрацией десятикратно превышающим ПДК_{м.р.} (ПДК_{м.р.} = 5 мг/м³). Для очистки помещения используется воздухоочиститель который улавливает 60% оксида углерода ($k = 0,6$), за какое время концентрация оксидом углерода уменьшится до ПДК_{м.р.}. Проведем расчет по формуле (12) для внутреннего объема помещения, $V = 60$ м³, и расчетного расхода воздуха проходящего через воздухоочиститель, $Q_{\text{воз}} = 0,015$ м³/с. Результаты расчетов представлены на Рисунке 6.3.

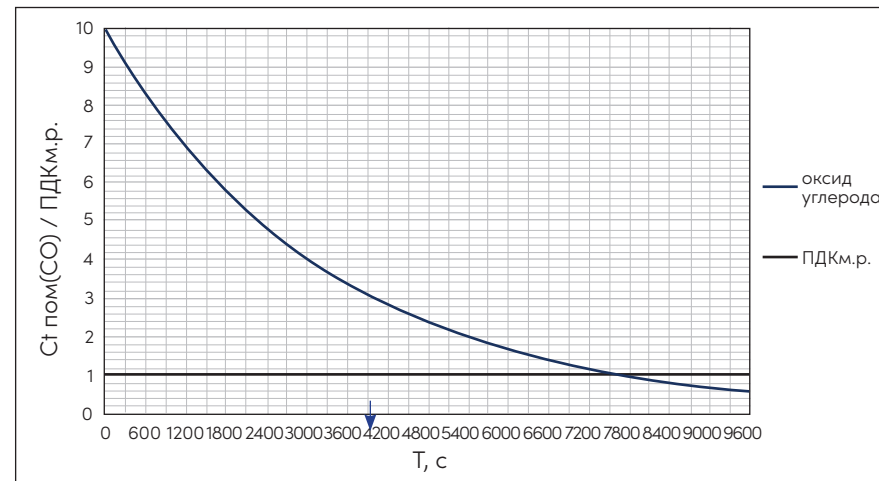


Рис. 6.3. Расчет изменения соотношения средней концентрации оксида углерода к ПДК_{м.р.} в помещении (объемом 60 м³) при очистке воздуха с помощью воздухоочистителя ($k = 0,6$; $Q_{\text{воз}} = 0,03$ м³/с)

График представленный на Рисунке 6.3, позволяет определить время, за которое помещение очищается от оксида углерода до нормативных значений ниже ПДК_{м.р.}. При заданной эффективности работы воздухоочистителя, время очистки помещения, T , превышает 130 минут.

Расчетное задание: используя программу Microsoft Excel рассчитайте ожидаемое изменение концентрации загрязняющих веществ внутри небольшого промышленного помещения при очистке воздуха с помощью воздухоочистителя. Результаты расчетов соотнесите с предельно допустимой концентрацией вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ПДК_{раб.з.}), указанном в [6]. Расчет представьте в виде графика с осью ординат соответствующей средней концентрации загрязняющего вещества к предельно допустимой концентрации вредного вещества в воздухе рабочей зоны ($C_t(X)/\text{ПДК}_{\text{раб.з.}}$), и ось абсцисс соответствующей времени вентиляции помещения (T). Варианты расчетных заданий представлены в Таблице 6.2.

Таблица 6.2.
Расчетное задание 2

Номер задачи	V, объем пом., м ³	Q, расход воздуха, м ³ /с	Вещество	k, коэф. очистки	C ₀ , нач. конц. заг. вещ. в воздухе помещ., мг/м ³	ПДК _{раб.з.} , мг/м ³	T, время раб. воздухоочистителя, с
1	30	0,020	NO ₂	0,82	4,0	2,0	10800
2	40	0,042	NO ₂	0,71	5,0	2,0	10800
3	45	0,050	NO ₂	0,54	4,5	2,0	7200
4	35	0,044	NO ₂	0,85	3,5	2,0	7200
5	25	0,015	NO ₂	0,54	6,1	2,0	10800
6	34	0,022	NO ₂	0,94	5,2	2,0	10800
7	37	0,045	NO ₂	0,77	4,4	2,0	7200
8	28	0,042	H ₂ S	0,92	14,4	10,0	7200
9	37	0,041	H ₂ S	0,88	20,5	10,0	10800
10	44	0,030	H ₂ S	0,94	16,5	10,0	10800
11	42	0,043	H ₂ S	0,83	17,4	10,0	7200
12	24	0,032	H ₂ S	0,86	34,3	10,0	7200
13	27	0,043	H ₂ S	0,95	35,8	10,0	10800
14	50	0,048	H ₂ S	0,99	32,3	10,0	10800
15	33	0,032	C ₂ H ₄ Cl ₂ F ₂	0,73	7,4	2,0	7200
16	29	0,045	C ₂ H ₄ Cl ₂ F ₂	0,88	8,9	2,0	7200
17	31	0,048	C ₂ H ₄ Cl ₂ F ₂	0,91	3,7	2,0	10800
18	30	0,052	C ₂ H ₄ Cl ₂ F ₂	0,94	4,5	2,0	10800
20	45	0,039	C ₂ H ₄ Cl ₂ F ₂	0,97	5,8	2,0	7200
21	44	0,047	CCl ₂ O	0,96	0,9	0,5	7200
22	40	0,045	CCl ₂ O	0,95	0,8	0,5	10800
23	20	0,018	CCl ₂ O	0,99	1,7	0,5	10800
25	15	0,040	CCl ₂ O	0,98	2,5	0,5	7200
26	40	0,038	CCl ₂ O	0,96	1,9	0,5	7200
27	33	0,050	CH ₄	0,98	11032	7000	10800
28	24	0,027	CH ₄	0,97	15776	7000	10800
29	28	0,030	CH ₄	0,99	14238	7000	7200

Продолжение таблицы 6.2.

Номер задачи	V, объем пом., м ³	Q, расход воздуха, м ³ /с	Вещество	k, коэф. очистки	C ₀ , нач. конц. заг. вещ. в воздухе помещ., мг/м ³	ПДК _{раб.з.} , мг/м ³	T, время раб. воздухоочистителя, с
30	30	0,031	CH ₄	0,95	18057	7000	7200
31	35	0,042	CH ₄	0,94	12134	7000	10800
32	39	0,050	CH ₄	0,99	11874	7000	10800

Контрольные вопросы по разделу:

1. Какие факторы на ваш взгляд влияют на концентрации загрязняющих веществ в помещении, при его проветривании.
2. Какие факторы на ваш взгляд влияют на концентрации загрязняющих веществ в помещении, при использовании воздухоочистителя.

Библиографический список

1. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) Учебник по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для бакалавров всех направлений подготовки в высших учебных заведениях России / С.В. Белов. — М.: Юрайт, 2010. — 670 с.
2. Безопасность жизнедеятельности (медико-биологические основы): Учебное пособие / О.Г. Феоктистова, Т.Г. Феоктистова, Е.В. Экзерцева. — Ростов н/Д: Феникс, 2006. — 320 с.
3. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) Учебник по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для бакалавров всех направлений подготовки в высших учебных заведениях России / С.В. Белов. — М.: Юрайт, 2010. — 670 с.

4. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2017 год — СПб.: ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова», 2018. — 234 с.
5. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: <https://mpr.amurobl.ru/upload/iblock/40a/40a637d1fdf14a1f281423c266c8955f.pdf>
6. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. // Доступ из справ. — правовой системы «Гарант». URL: http://umka-nadym.ru/media/sub/962/documents/СанПин_1.2.3685-21_от_28.01.2021_2.pdf
7. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. // Доступ из электронного фонда МЕГАНОРМ. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293788/4293788520.htm>
8. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. // Доступ из электронного фонда МЕГАНОРМ. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294852/4294852045.htm>
9. ГОСТ Р ЕН 13779:2005. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования. // Доступ из электронного фонда Строй-нф. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293834/4293834852.pdf>
10. СНиП 41.01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. // Доступ из электронного фонда МЕГАНОРМ. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294844/4294844884.htm>
11. СП 54.13330.2016 Здания жилые многоквартирные (актуализированная редакция СНиП 31-01-2003). // Доступ из электронного фонда МЕГАНОРМ. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293750/4293750335.htm>

7. НОРМИРОВАНИЕ ШУМА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИИ И НА ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

В биологическом отношении шум является заметным стрессовым фактором, способным вызвать срыв приспособительных реакций [1]. Акустический стресс может приводить к разным проявлениям: от функциональных нарушений до морфологически обозначенных дегенеративных деструктивных процессов в разных органах и тканях. Степень шумовой патологии зависит от интенсивности и продолжительности воздействия, функционального состояния центральной нервной системы, от индивидуальной чувствительности организма к акустическому раздражителю.

Интенсивный шум на производстве способствует снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, исключительно сильное влияние оказывает шум на быстроту реакции, сбор информации и аналитические процессы, из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы, что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

Шум, даже когда он невелик (при уровне от 50 до 60 дБА), создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывает на него психологическое воздействие. Слабый шум различно влияет на людей. Это зависит от возраста, здоровья, вида труда, физического и душевного состояния.

Известно, что ряд таких серьезных заболеваний, как гипертоническая и язвенная болезни, неврозы, в ряде случаев желудочно-кишечные и кожные заболевания связаны с перенапряжением нервной системы в процессе труда и отдыха. Отсутствие необходимой тишины, особенно в ночное время, приводит к преждевременной усталости, а часто и к заболеванию. Так шум от 30 до 40 дБА в ночное время может явиться серьезным беспокоящим фактором. С увеличением уровней шума до 80 дБА и выше шум может оказать определенное физиологическое воздействие на человека. Под воздействием шума от 85 до 90 дБА снижается слуховая чувствительность (на высоких частотах).

Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей. Человек, работающий при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление. Слуховой анализатор через центральную нервную систему связан с различными органами жизнедеятельности человека, поэтому шум оказывает влияние на весь организм человека. Под влиянием сильного шума (от 90 до 100 дБА) притупляется острота зрения, появляются головные боли и головокружения, изменяются ритмы дыхания и сердечной деятельности, повышается внутричерепное и кровяное давление, нарушается процесс пищеварения, происходит изменение объема внутренних органов. Под действием шума высоких уровней (более 145 дБ) возможен разрыв барабанной перепонки, контузия, а при еще более высоких (более 160 дБА) и смерть.

Кратко рассмотрим особенности современной оценки уровня шума. Одна из измеримых характеристик звука, это количество заключенной в нем энергии. Интенсивность звука в любой точке можно измерить как поток энергии, приходящейся на единичную площадку, и выразить, например, в ваттах на квадратный метр ($\text{Вт}/\text{м}^2$). При попытке записать в этих единицах интенсивность обычных шумов сразу же возникают трудности, так как интенсивность наиболее тихого звука, доступного восприятию человека с самым острым слухом, равна приблизительно $0,000\ 000\ 000\ 001\ \text{Вт}/\text{м}^2$. Один из наиболее громких звуков, с которым мы сталкиваемся уже не без риска вредных последствий, шум реактивного самолета, пролетающего на расстоянии порядка 50 м. Его интенсивность составляет

около $10\ \text{Вт}/\text{м}^2$. А на расстоянии 100 м от места запуска ракеты «Сатурн» интенсивность звука заметно превышает $1000\ \text{Вт}/\text{м}^2$. Очевидно, что оперировать числами, выражающими интенсивности звука, лежащие в столь широком диапазоне, очень трудно, независимо от того, представляем ли мы их в единицах энергии или даже в виде отношений. Существует простой, хотя и не вполне очевидный выход из данного затруднения. Интенсивность самого слабого слышимого звука равна $10^{-12}\ \text{Вт}/\text{м}^2$. Пытаясь найти наиболее удобный способ выражения интенсивностей звука, попробуем представить их в виде отношений, приняв за эталонную интенсивность величину $10^{-12}\ \text{Вт}/\text{м}^2$. При этом будем отмечать, сколько раз нужно умножить эталонную интенсивность на 10 для того, чтобы получить заданную интенсивность звука. Например, шум реактивного самолета в $10\ 000\ 000\ 000\ 000$ (или в 10^{13}) раз превышает выбранный эталон. Способ выражения уровня звука с помощью десятичного логарифма позволяет значительно уменьшить значения чисел, выражающих гигантский диапазон звуковых интенсивностей; если мы обозначим однократное увеличение в 10 раз как 1 бел, то получим «единицу» для выражения отношений. Так, уровень шума реактивного самолета соответствует 13 белам. Для уменьшения шкалы оценки уровня звука удобнее пользоваться более мелкими единицами, десятными долями бела, которые и называют децибелами. Таким образом, интенсивность шума реактивного двигателя равна 130 децибелам (130 дБ), свое нынешнее название децибел получил в честь изобретателя телефона Александра Грейама Белла.

Пользуясь определением децибела, можно записать уровень интенсивности звука в виде:

$$\text{Уровень интенсивн.} = 10 \cdot \lg \frac{\text{измерен. интенсивн.}}{\text{эталон интенсивн.}} \text{ дБ} \quad (7.1)$$

Не следует забывать, что децибелы являются логарифмическими значениями, при удвоении интенсивности звука уровень интенсивности увеличивается на 0,301 бела, то есть на 3,01 дБ.

Акустический децибел, дБА, единица измерения уровня шума с учетом восприятия звука человеком. Предел чувствительности человеческого уха (учитывающий нелинейность частотной характеристики уха). Величина дБА, уровень звукового давления, измеренный

в дБ при помощи шумомера, содержащего корректирующую цепочку, снижающую чувствительность устройства на низких и очень высоких частотах для того, чтобы точнее имитировать чувствительность человеческого уха и получать отсчеты, дающие некоторые указания на громкость, неприятное действие или приемлемость звука. Значение дБА обычно на 10 единиц превосходит эквивалентное значение нормировочного индекса шума для данного звука.

В Таблице 7.1 даны перечень типичных шумов и уровни их интенсивности в дБА.

Таблица 7.1.
Интенсивность типичных шумов

Примерный уровень звукового давления, дБА	Источник звука и расстояние до него
160	Выстрел из ружья калибра 0,303 вблизи уха
150	Взлет лунной ракеты, 100 м
140	Взлет реактивного самолета, 25 м
120	Машинное отделение подводной лодки
100	Очень шумный завод
90	Тяжелый дизельный грузовик, 7 м Дорожный перфоратор (незаглушенный), 7 м
80	Звон будильника, 1 м
75	В железнодорожном вагоне
70	В салоне небольшого автомобиля, движущегося со скоростью 50 км/ч; квартирный пылесос, 3 м
65	Машинописное бюро Обычный разговор, 1 м
40	Учреждение, где нет специальных источников шума
35	Комната в тихой квартире
25	Сельская местность, расположенная вдали от дорог

Нормирование воздействия шума на окружающую среду осуществляется в соответствии с Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [2].

Виды нормируемых шумов:

- **эквивалентный (по энергии) уровень звука**, $L_{A_{экв}}$, дБА, непостоянного шума — уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени;
- **предельно допустимый уровень (ПДУ) шума** — это уровень шума, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. При этом соблюдение ПДУ шум не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц;
- **допустимый уровень шума** — это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму;
- **максимальный уровень звука**, $L_{A_{макс}}$, дБА, — уровень звука, соответствующий максимальному показателю измерительного, прямо показывающего прибора (шумомера) при визуальном отсчете, или значение уровня звука, превышаемое в течение 1% времени измерения при регистрации автоматическим устройством.

Нормируемые параметры и предельно допустимые уровни шума. Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, определяемые по формуле:

$$L = 20 \cdot \lg \frac{P}{P_0} \quad (7.2)$$

где P среднеквадратичная величина звукового давления, Па; P_0 — опорное значение звукового давления в воздухе, равное $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Допускается в качестве характеристики постоянного широкополосно шума на рабочих местах принимать уровень звука в дБА, измерений на временной характеристике «медленно» шумомера, определяемый по формуле

$$L_A = 20 \cdot \lg \frac{P_A}{P_0} \quad (7.3)$$

где P_A — среднеквадратичная величина звукового давления с учетом коррекции A шумомера, Па.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА.

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест, разработанные с учетом категорий тяжести и напряженности труда, представлены в Таблице 7.2.

Таблица 7.2.

Допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки

Помещение	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)	Максимальные уровни звука L_{Amax} , дБА	
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000			8000
Палаты больн. и санатор., операц. больниц	с 7 до 23 ч с 23 до 7 ч	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
		69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40
.	—	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50

Продолжение таблицы 7.2.

Помещение	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)	Максимальные уровни звука L_{Amax} , дБА	
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000			8000
Классн. помещения, учебные каб., и т.д.	—	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
Жилые комнаты квартир, жилые помещ. и т.д.	с 7 до 23 ч с 23 до 7 ч	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
		72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
Номера гостиниц и жилые комнаты общеж.	с 7 до 23 ч с 23 до 7 ч	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
Залы кафе, рестор., столовых	—	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70

В период с 7.00 до 23.00 часов в жилых помещениях допустимо превышение гигиенических нормативов уровней шума на 5 дБ. Для непостоянной вибрации к допустимым значениям уровней вибрации в жилых помещениях вводится поправка минус 10 дБ, а абсолютные значения умножаются на 0,32 [3].

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

$$L_{A_{экв}} = 10 \cdot \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \quad (7.4)$$

Где $P_A(t)$ — текущее значение среднего квадратического звукового давления с учетом коррекции (A) шумомера, Па; P_0 — опорное значение звукового давления ($2 \cdot 10^{-5}$ Па); T — время действия шума, ч.

Кроме эквивалентного уровня звука введено понятие дозы шума $D_{ш}$, Па²·ч — интегральной величины, учитывающей совокупную акустическую энергию, воздействующую на человека за определенный период времени:

$$D_{ш} = \int_0^T (P_A(t))^2 dt \quad (7.5)$$

Относительную дозу шума $D_{отн}$ в процентах определяют по формуле:

$$D_{отн} = \frac{D_{ш}}{D_{доп}} \cdot 100\% \quad (7.6)$$

где $D_{отн}$ — допустимая доза шума Па²·ч.

Допустимая доза шума $D_{доп}$ может быть рассчитана по соотношению:

$$D_{доп} = P_{Адоп}^2 \cdot T_{р.д.} \quad (7.7)$$

где: $P_{Адоп}^2$ — значение звукового давления, соответствующее допустимому уровню звука (например, как это представлено в Таблице 7.2), $T_{(р.д.)}$ — продолжительность рабочего дня (рабочей смены), ч.

Например, при $P_{Адоп}^2 = 0,356$ Па (соответствующем допустимому уровню звука 80 дБА) и $T_{р.д.} = 8$ ч.

$$P_{Адоп}^2 = 1 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч.}$$

Соотношение между эквивалентным уровнем звука и относительной дозой шума (при допустимом уровне звука 80 дБА) в зависимости от времени действия шума приведено в Табл. 7.3.

Таблица 7.3.
Соотношение между эквивалентным уровнем звука и относительной дозой шума

Относительная доза шума, %	Эквивалентный уровень звука, дБА за время действия шума						
	8ч	4ч	2ч	1ч	30 мин	15 мин	7 мин
3,2	70	73	76	79	82	85	88
6,3	73	76	79	82	85	88	91
12,5	76	79	82	85	88	91	94
25	79	82	85	88	91	94	97
50	82	85	88	91	94	97	100
100	85	88	91	94	97	100	103
200	88	91	94	97	100	103	106
400	91	94	97	100	103	106	109
800	94	97	100	103	106	109	112
1600	97	100	103	106	109	112	115
3200	100	103	106	109	112	115	118

Контрольные вопросы по разделу:

1. Что такое акустический децибел?
2. Виды нормируемых шумов.
3. Поясните термин — эквивалентный (по энергии) уровень звука.
4. Что такое доза шума?

Библиографический список

1. Рахимова Н.Н. Производственный шум. Нормирование. Методы снижения шума: учебное пособие/ Н.Н. Рахимова, Л.Г. Проскурина, Е.А. Колобова. — Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. — 106 с.
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

// Доступ из электронного фонда МЕГАНОРМ. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294851/4294851487.htm>

3. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: <https://mpr.amurobl.ru/upload/iblock/40a/40a637d1fdf14a1f281423c266c8955f.pdf>

8. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДОПУСТИМЫХ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В РАМКАХ ДЕЙСТВУЮЩИХ САНИТАРНЫХ ПРАВИЛ И ГИГИЕНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ

Нормирование электромагнитных полей (ЭМП) различных частотных диапазонов в России для населения осуществляется согласно Санитарным правилам СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях» [1]. В радиочастотном диапазоне население может подвергнуться облучению электромагнитными волнами, излучаемыми радиопередающими центрами: станциями мобильной сотовой связи, телевидения и радиовещания. Гигиеническое нормирование в России установлено таким образом, что предельные уровни напряженности электрической и магнитной компонент электромагнитного поля, или плотности потока энергии, не превышались не только внутри жилых помещений, но даже на балконах и лоджиях [1-3]. Допустимые уровни электромагнитного излучения (ПДУ) радио диапазона в жилых помещениях (включая балконы и лоджии) представлены в таблице 8.1 [1].

Таблица 8.1.

Допустимые уровни электромагнитного излучения радио диапазона в жилых помещениях (включая балконы и лоджии)

Объект	Предельно допустимые уровни в диапазонах частот				
	30–300 кГц	0,3–3 МГц	3–30 МГц	30–300 МГц	300 МГц–300 ГГц
Размерн. норматива	В/м	В/м	В/м	В/м	мкВт/см ²
Жилые помещения (включая балконы и лоджии)	25,0	15,0	10,0	3,0	10; 100*

* — при облучении антенн, работающих в режиме кругового обзора.

Анализ Таблицы 8.1 показывает, что подход к гигиеническому нормированию электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) в России различается в зависимости волны: вплоть до частоты 300 МГц установлены предельно допустимые уровни напряженности $E_{\text{пду}}$ (и индукция) ее компонент: для E , В/м и H , А/м, электрической и магнитной соответственно. Величина этих ПДУ различается для разных диапазонов частоты волны. А для излучений частотой более 300 МГц нормируется другой параметр электромагнитных волн — допустимая плотность потока энергии, $\text{ППЭ}_{\text{пду}}$, мкВт/см². Например, излучение сотовой связи популярно в России стандарта GSM (900/1800 МГц) нормируется по плотности по плотности потока энергии.

Если человек подвергается одновременному облучению электромагнитных волн на разных частотах (ЭМИ РЧ), должно выполняться расчетное требование:

а) частота всех источников ЭМИ РЧ меньше или больше 300 МГц:

$$\sqrt{\sum_i E_i^2} \leq E_{\text{пду}}, \text{ или } \sum_i \text{ППЭ}_i \leq \text{ППЭ}_{\text{пду}} \quad (8.1)$$

где E_i — напряженность электрического поля, создаваемая в данной точке i -м источником (ЭМИ РЧ); $E_{\text{пду}}$ — допустимая напряженность электрического поля (подобранная согласно Таблице 8.1);

ППЭ_i — плотность потока энергии создаваемая в данной точке i -м источником (ЭМИ РЧ); $\text{ППЭ}_{\text{пду}}$ — допустимая плотность потока энергии (подобранная согласно Таблице 8.1).

б) когда присутствует излучение источников электромагнитного излучения (радиочастотного диапазона) попадающее в несколько диапазонов частот, для которых установлены разные предельно допустимые уровни, $E_{\text{пду}}$ и $\text{ППЭ}_{\text{пду}}$:

$$\sum_i \left[\left(\frac{E_i}{E_{\text{пду}}} \right)^2 + \frac{\text{ППЭ}_i}{\text{ППЭ}_{\text{пду}}} \right] \leq 1 \quad (8.2)$$

где E_i — напряженность электрического поля, создаваемая в данной точке i -м источником (ЭМИ РЧ); $E_{\text{пду}}$ — допустимая напряженность электрического поля (подобранная согласно Таблице 8.1); ППЭ_i — плотность потока энергии создаваемая в данной точке i -м источником (ЭМИ РЧ); $\text{ППЭ}_{\text{пду}}$ — допустимая плотность потока энергии (подобранная согласно Таблице 8.1).

В диапазоне промышленной частоты (50 Гц) нормируются напряженность электрического поля и индукция магнитного поля, в жилых помещениях на расстоянии от 0,2 м от стен и окон и на высоте 0,5–1,5 м от пола [3]:

- напряженность электрического поля не должна превышать 500 В/м;
- индукция магнитного поля не должна превышать 5 мкТл (или с учетом того что $H = \frac{B}{\mu_0}$ и $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, 5 мкТл примерно равно 4 А/м).

Электрическое и магнитное поля промышленной частоты 50 Гц в жилых помещениях оцениваются при полностью отключенных изделиях бытовой техники, включая устройства местного освещения. Электрическое поле оценивается при полностью выключенном общем освещении, а магнитное поле — при полностью включенном общем освещении [3].

Напряженность электрического поля промышленной частоты 50 Гц на территории жилой застройки от воздушных линий электропередачи переменного тока и других объектов не должна превышать 1 кВ/м на высоте 1,8 м от поверхности земли [3].

Важно отметить, что эти предельные уровни установлены для внешних электромагнитных полей, поэтому контроль должен

выполняться при полностью отключенных изделиях бытовой техники, включая устройства местного освещения. Электрическое поле оценивается при полностью выключенном общем освещении, а магнитное поле, при полностью включенном общем освещении.

Известно, что значительные электромагнитные поля частотой 50 Гц могут наблюдаться вблизи мощных линий электропередачи (ЛЭП), где могут размещаться огородные участки и даже частные домовладения. Санитарные правила устанавливают на территории жилой застройки электрическое поле от воздушных линий электропередачи переменного тока и других объектов не превышающее 1000 В/м на высоте 1,8 от поверхности земли [4].

Перед размещением, реконструкцией, техническим перевооружением (модернизацией) радиоэлектронных средств правообладателем радиоэлектронных средств должна разрабатываться проектная документация на условия размещения радиоэлектронного средства (далее — РЭС), на которую должно оформляться санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии Санитарным правилам и гигиеническим нормативам. Размещение радиоэлектронных средств без санитарно-эпидемиологического заключения не допускается, за исключением следующих случаев:

- 1) уменьшения мощности, демонтажа или окончательного вывода из работы РЭС;
- 2) при размещении антенны на крыше здания или на отдельно стоящей антенной опоре с эффективной излучаемой мощностью передатчика, представляющей собой мощность передатчика, умноженную на произведение коэффициента усиления антенны и коэффициента полезного действия фидерного тракта, не более [3]:
 - 200 Вт — в диапазоне частот 30 кГц — 3 МГц,
 - 100 Вт — в диапазоне частот 3–30 МГц,
 - 10 Вт — в диапазоне частот 30 МГц — 300 ГГц;
- 3) работы РЭС только на прием радиосигнала.

Расчетное задание:

Определите соответствие санитарным нормативам электромагнитного излучения при следующих показателях электромагнитного излучения для жилого помещения (Таблица 8.2).

Таблица 8.2.
Расчетное задание

Номер задания	Показатель	Напряженность электрического поля, или плотность потока энергии					
		50 кГц	2 МГц	2,5 МГц	100 МГц	350 МГц	50 ГГц
1	Напряженность электрического поля, E_i (В/м), или плотность потока энергии, ППЭ _i (мкВт/м ²)	8 В/м	5 В/м	6 В/м	1 В/м	2 мкВт/см ²	3 мкВт/см ²
2		5 В/м	7 В/м	3 В/м	5 В/м	2 мкВт/см ²	4 мкВт/см ²
3		3 В/м	9 В/м	6 В/м	8 В/м	1 мкВт/см ²	2 мкВт/см ²
4		2 В/м	4 В/м	5 В/м	5 В/м	3 мкВт/см ²	4 мкВт/см ²
5		6 В/м	8 В/м	3 В/м	3 В/м	5 мкВт/см ²	5 мкВт/см ²
6		1 В/м	1 В/м	5 В/м	1 В/м	3 мкВт/см ²	3 мкВт/см ²
7		5 В/м	8 В/м	8 В/м	4 В/м	4 мкВт/см ²	4 мкВт/см ²
8		3 В/м	9 В/м	6 В/м	8 В/м	1 мкВт/см ²	2 мкВт/см ²
9		5 В/м	7 В/м	5 В/м	5 В/м	3 мкВт/см ²	4 мкВт/см ²
10		4 В/м	9 В/м	3 В/м	3 В/м	4 мкВт/см ²	5 мкВт/см ²
11		3 В/м	9 В/м	5 В/м	5 В/м	2 мкВт/см ²	3 мкВт/см ²
12		2 В/м	4 В/м	3 В/м	3 В/м	2 мкВт/см ²	4 мкВт/см ²
13		6 В/м	8 В/м	5 В/м	1 В/м	1 мкВт/см ²	2 мкВт/см ²
14		1 В/м	1 В/м	8 В/м	4 В/м	3 мкВт/см ²	4 мкВт/см ²
15		5 В/м	8 В/м	6 В/м	8 В/м	5 мкВт/см ²	5 мкВт/см ²
16		4 В/м	2 В/м	3 В/м	2 В/м	4 мкВт/см ²	2 мкВт/см ²

Продолжение таблицы 8.2.

Номер задания	Показатель	Напряженность электрического поля, или плотность потока энергии					
		Частота излучения	50 кГц	2 МГц	2,5 МГц	100 МГц	350 МГц
17	Напряженность электрического поля, E_i (В/м), или плотность потока энергии, ППЭ _i (мкВт/м ²)	1 В/м	1 В/м	6 В/м	1 В/м	4 мкВт/см ²	4 мкВт/см ²
18		5 В/м	8 В/м	3 В/м	5 В/м	1 мкВт/см ²	2 мкВт/см ²
19		3 В/м	9 В/м	6 В/м	8 В/м	2 мкВт/см ²	4 мкВт/см ²
20		5 В/м	7 В/м	5 В/м	5 В/м	4 мкВт/см ²	5 мкВт/см ²
21		4 В/м	9 В/м	3 В/м	3 В/м	2 мкВт/см ²	3 мкВт/см ²
22		3 В/м	9 В/м	5 В/м	1 В/м	2 мкВт/см ²	4 мкВт/см ²
23		2 В/м	4 В/м	8 В/м	4 В/м	1 мкВт/см ²	2 мкВт/см ²
24		6 В/м	8 В/м	3 В/м	8 В/м	2 мкВт/см ²	4 мкВт/см ²
25		1 В/м	1 В/м	5 В/м	2 В/м	1 мкВт/см ²	1 мкВт/см ²
26		2 В/м	4 В/м	5 В/м	1 В/м	1 мкВт/см ²	2 мкВт/см ²
27		6 В/м	8 В/м	3 В/м	4 В/м	3 мкВт/см ²	4 мкВт/см ²
28		1 В/м	1 В/м	5 В/м	8 В/м	4 мкВт/см ²	5 мкВт/см ²
29		5 В/м	8 В/м	8 В/м	2 В/м	2 мкВт/см ²	3 мкВт/см ²
30		3 В/м	9 В/м	6 В/м	1 В/м	2 мкВт/см ²	4 мкВт/см ²
31	5 В/м	7 В/м	5 В/м	5 В/м	2 мкВт/см ²	2 мкВт/см ²	
32	4 В/м	9 В/м	3 В/м	8 В/м	1 мкВт/см ²	3 мкВт/см ²	

Контрольные вопросы по разделу:

1. Поясните термин – допустимые уровни электромагнитного излучения радио диапазона в жилых помещениях.
2. Как нормируются напряженность электрического поля и индукция магнитного поля, в жилых помещениях?

Библиографический список

1. СанПиН 2.1.2.2645-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях. // Доступ из электронного фонда МЕГАНОРМ. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293820/4293820246.htm>
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) Учебник по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для бакалавров всех направлений подготовки в высших учебных заведениях России / С.В. Белов. — М.: Юрайт, 2010. — 670 с.
3. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: <https://mpr.amurobl.ru/upload/iblock/40a/40a637d1fdf14a1f281423c266c8955f.pdf>
4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. // Доступ из электронного фонда МЕГАНОРМ. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294844/4294844925.htm>

9. МЕТОДЫ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ (в редакции 2021 г.) определяет правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны здоровья. В законе определены основные понятия [1]:

Радиационная безопасность населения — состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения.

Ионизирующее излучение — излучение, которое создается при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении заряженных частиц в веществе и образует при взаимодействии со средой ионы разных знаков;

Естественный радиационный фон — доза излучения, создаваемая космическим излучением и излучением природных радионуклидов, естественно распределенных в земле, воде, воздухе, других элементах биосферы, пищевых продуктах и организме человека.

Техногенно измененный радиационный фон — естественный радиационный фон, измененный в результате деятельности человека.

Эффективная доза — величина воздействия ионизирующего излучения, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения организма человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности.

Санитарно-защитная зона (вокруг источника ионизирующего излучения) — территория вокруг источника ионизирующего излучения, на который уровень облучения людей в условиях нормальной эксплуатации данного источника может превысить

установленный предел дозы облучения для населения. В санитарно-защитной зоне запрещается постоянное и временное проживание людей, вводится режим ограничения хозяйственной деятельности и проводится радиационный контроль;

Зона наблюдения — территория за пределами санитарно-защитной зоны, на которой проводится радиационный контроль.

Радиационная авария — потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм или к радиоактивному загрязнению окружающей среды.

Основными принципами обеспечения радиационной безопасности являются:

- **принцип нормирования** — непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ионизирующего излучения;
- **принцип обоснования** — запрещение всех видов деятельности по использованию источников ионизирующего излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону облучением;
- **принцип оптимизации** — поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения.

Радиационная безопасность обеспечивается:

- проведением комплекса мер правового, организационного, инженерно-технического, санитарно-гигиенического, медико — профилактического, воспитательного и образовательного характера;
- осуществлением федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, общественными объединениями, другими юридическими лицами и гражданами мероприятий по соблюдению правил, норм и нормативов в области радиационной безопасности;

- информированием населения о радиационной обстановке и мерах по обеспечению радиационной безопасности;
- обучением населения в области обеспечения радиационной безопасности.

К полномочиям Российской Федерации в области обеспечения радиационной безопасности относятся:

- определение государственной политики в области обеспечения радиационной безопасности и ее реализация;
- разработка и принятие федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации в области обеспечения радиационной безопасности, контроль за их соблюдением;
- разработка, утверждение и реализация федеральных программ в области обеспечения радиационной безопасности;
- лицензирование деятельности в области обращения с источниками ионизирующих излучений;
- контроль за радиационной обстановкой на территории Российской Федерации и учет доз облучения населения;
- введение особых режимов проживания населения в зонах радиоактивного загрязнения;
- реализация мероприятий по ликвидации последствий радиационных аварий;
- организация и проведение оперативных мероприятий в случае угрозы возникновения радиационной аварии;
- информирование населения о радиационной обстановке;
- установление порядка определения социальных гарантий за повышенный риск причинения вреда здоровью граждан и нанесения убытков их имуществу, обусловленных радиационным воздействием;
- установление порядка возмещения причиненных вреда здоровью граждан и убытков их имуществу в результате радиационной аварии;
- создание и обеспечение функционирования единой системы государственного управления в области обеспечения радиационной безопасности, в том числе контроля и учета доз облучения населения;

- регламентация условий жизнедеятельности и особых режимов проживания на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате радиационных аварий;
- контроль за оказанием помощи населению, подвергшемуся облучению в результате радиационных аварий;
- регулирование экспорта и импорта ядерных материалов, радиоактивных веществ и иных источников ионизирующего излучения, а также контроль за осуществлением их экспорта и импорта;
- осуществление международного сотрудничества Российской Федерации в области обеспечения радиационной безопасности и выполнение обязательств Российской Федерации по международным договорам Российской Федерации;
- другие полномочия в области обеспечения радиационной безопасности, отнесенные к полномочиям Российской Федерации Конституцией Российской Федерации и федеральными законами.

Органы государственной власти субъектов Российской Федерации в области обеспечения радиационной безопасности:

- разрабатывают законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации;
- разрабатывают и реализуют региональные (территориальные) программы в области обеспечения радиационной безопасности;
- организуют контроль за радиационной обстановкой на соответствующей территории в пределах своих полномочий;
- участвуют в организации и проведении оперативных мероприятий в случае угрозы возникновения радиационной аварии;
- обеспечивают условия для реализации и защиты прав граждан и соблюдения интересов государства в области обеспечения радиационной безопасности в пределах своих полномочий;
- участвуют в реализации мероприятий по ликвидации последствий радиационных аварий на соответствующей территории;
- реализуют другие полномочия в области обеспечения радиационной безопасности в соответствии с полномочиями, отнесенными к ведению субъектов Российской Федерации, не отнесенные к полномочиям Российской Федерации.

Для планирования и осуществления мероприятий по обеспечению радиационной безопасности разрабатываются федеральные и региональные программы. На данный момент указом Президента Российской Федерации от 13 октября 2018 г. № 585 утверждены «**Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу**» [2]. Государственная политика в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации представляет собой совокупность скоординированных и объединенных общим замыслом политических, экономических, инженерно-технических, социальных, правовых, информационных и иных мер в области использования атомной энергии в мирных и оборонных целях, принимаемых органами государственной власти Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом», организациями и направленными на обеспечение национальных интересов, реализацию стратегических национальных приоритетов Российской Федерации, защиту жизни и здоровья граждан, собственности, а также на охрану окружающей среды [2]. Задачами государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности в том числе являются: совершенствование механизмов оценки радиационного воздействия на природные и природно-антропогенные объекты; развитие территориальных и отраслевых систем мониторинга радиационной обстановки.

Государственное нормирование в области обеспечения радиационной безопасности осуществляется путем установления санитарных правил, норм, гигиенических нормативов, правил радиационной безопасности, сводов правил охраны труда и иных нормативных документов по радиационной безопасности [1].

Нормативы установлены в Зивертах.

Зиверт (обозначение: Зв, Sv) — единица измерения эффективной и эквивалентной доз ионизирующего излучения в Международной системе единиц (СИ), используется с 1979 г. Один зиверт — это количество энергии, поглощённое килограммом биологической ткани, равное по воздействию поглощённой дозе гамма-излучения

в один Грей (обозначение: Гр, Gy), где Грей единица измерения поглощённой дозы ионизирующего излучения в Международной системе единиц (СИ).

Устанавливаются следующие основные гигиенические нормативы (допустимые пределы доз) облучения на территории Российской Федерации в результате использования источников ионизирующего излучения [1]:

Для населения **средняя годовая эффективная доза** равна 0,001 зиверта (1 мЗв).

Эффективная доза за период жизни (70 лет) — 0,07 зиверта (70 мЗв).

В отдельные годы допустимы большие значения эффективной дозы при условии, что средняя годовая эффективная доза, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 0,001 зиверта (1 мЗв).

Для работников средняя годовая эффективная доза равна 0,02 зиверта или эффективная доза за период трудовой деятельности (50 лет) — 1 зиверту; допустимо облучение в годовой эффективной дозе до 0,05 зиверта при условии, что средняя годовая эффективная доза, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 0,02 зиверта.

Регламентируемые значения основных пределов доз облучения не включают в себя дозы, создаваемые естественным радиационным и техногенно измененным радиационным фоном, а также дозы, получаемые гражданами (пациентами) при проведении медицинских рентгенорадиологических процедур и лечения. Указанные значения пределов доз облучения являются исходными при установлении допустимых уровней облучения организма человека и отдельных его органов. В случае радиационных аварий допускается облучение, превышающее установленные основные гигиенические нормативы (допустимые пределы доз), в течение определенного промежутка времени и в пределах, определенных санитарными нормами и правилами.

Установленные гигиенические нормативы (допустимые пределы доз) облучения населения для отдельных территорий могут быть изменены Правительством Российской Федерации в сторону их уменьшения с учетом конкретной санитарно-гигиенической, экологической обстановки, состояния здоровья населения и уровня влияния на человека других факторов окружающей среды.

Облучение населения и работников, в жилых и производственных помещениях также не должно превышать установленные нормативы.

Допустимые уровни ионизирующего излучения — мощность эффективной дозы гамма-излучения внутри зданий не должна превышать мощности дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/час [1, 3].

Среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов радона и торона в воздухе помещений (* — ЭРОА, Бк/м — взвешенная сумма значений активностей короткоживущих дочерних продуктов изотопов радона) не должна превышать 100* для строящихся и реконструируемых зданий и 200* для эксплуатируемых [1, 3].

СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) дополняет вышеизложенные законодательные и нормативные требования, по **индивидуальной годовой эквивалентной дозе в коже** — не более 50 мЗв и в хрусталике глаза не более 15 мЗв [4].

Также, для обеспечения условий, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого, с учетом достигнутого в организации уровня радиационной безопасности, администрацией организации дополнительно устанавливаются контрольные уровни (дозы, уровни активности, плотности потоков и др.) представленные в Таблице 9.1.

Таблица 9.1.
Основные пределы доз

Нормируемые величины*(1)	Пределы доз	
	Персонал (группа А)*(2)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год:		
в хрусталике глаз*(3)	150 мЗв	15 мЗв
коже*(4)	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

*(1) Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

*(2) Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни воздействия персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А. Далее в тексте все нормативные значения для категории персонал приводятся только для группы А.

*(3) Относится к дозе на глубине 300 мг/см².

*(4) Относится к среднему по площади в 1 см² значению в базальном слое кожи толщиной 5 мг/см² под покровным слоем толщиной 5 мг/см². На ладонях толщина покровного слоя — 40 мг/см².

Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см² площади кожи этот предел не будет превышен.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) — 1000 мЗв, что как можно заметить в 14 раз превышает указанную ранее эффективную дозу для населения за период жизни (70 лет) — 70 мЗв [1, 4].

Оценка соблюдения обязательных требований в области обеспечения радиационной безопасности осуществляется в рамках федерального государственного санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) и федерального государственного надзора в области использования атомной энергии [1].

Организации, осуществляющие деятельность с использованием источников ионизирующего излучения, проводят производственный контроль за обеспечением радиационной безопасности. Общественные объединения в соответствии с законодательством Российской Федерации также вправе осуществлять общественный контроль за выполнением норм, правил и нормативов в области обеспечения радиационной безопасности.

Оценка радиационной безопасности осуществляется по следующим основным показателям:

- характеристика радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- анализ обеспечения мероприятий по радиационной безопасности и выполнения норм, правил и гигиенических нормативов в области радиационной безопасности;
- вероятность радиационных аварий и их масштаб;
- степень готовности к эффективной ликвидации радиационных аварий и их последствий;
- анализ доз облучения, получаемых отдельными группами населения от всех источников ионизирующего излучения;
- число лиц, подвергшихся облучению выше установленных пределов доз облучения.
- результаты оценки ежегодно заносятся в радиационно — гигиенические паспорта организаций, территорий.

При обращении с источниками ионизирующего излучения организации в том числе обязаны: планировать и осуществлять мероприятия по обеспечению радиационной безопасности; осуществлять систематический производственный контроль за радиационной обстановкой на рабочих местах, в помещениях, на территориях организаций, в санитарно-защитных зонах и в зонах наблюдения, а также за выбросом и сбросом радиоактивных веществ; обеспечивать реализацию прав граждан в области обеспечения радиационной безопасности.

Контроль и учет индивидуальных доз облучения, полученных гражданами при использовании источников ионизирующего излучения, проведении медицинских рентгенорадиологических процедур, а также обусловленных естественным радиационным и техногенно измененным радиационным фоном, осуществляются

в рамках единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения, создаваемой в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации.

Общие требования к радиационному контролю представлены в «Основных санитарных правилах обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)», где представлены следующие нормативные требования [5].

Радиационный контроль является частью производственного контроля и должен охватывать все основные виды воздействия ионизирующего излучения на человека. Целью радиационного контроля является получение информации об индивидуальных и коллективных дозах облучения персонала, пациентов и населения, а также показателях, характеризующих радиационную обстановку.

Объектами радиационного контроля являются:

- персонал групп (категорий) А и Б при воздействии на них ионизирующего излучения в производственных условиях (**категория А**, облучаемых лиц или персонал, профессиональные работники — лица, которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений; **категория Б**, облучаемых лиц или ограниченная часть населения — лица, которые не работают непосредственно с источниками ионизирующего излучения, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию ионизирующих излучений);
- пациенты при выполнении медицинских рентгенорадиологических процедур;
- население при воздействии на него природных и техногенных источников излучения;
- среда обитания человека.

Программа радиационного контроля в организации, где планируется обращение с источниками излучения, разрабатывается на стадии проектирования. В проекте радиационного объекта должны быть определены виды, объем и порядок проведения контроля, перечень технических средств и штат работников, необходимых для его осуществления. Виды и объем радиационного контроля могут уточняться в зависимости от конкретной радиационной обстановки в данной организации и на прилегающей территории.

В зависимости от объема и характера работ радиационный контроль осуществляется службой радиационной безопасности или лицом, ответственным за радиационный контроль, прошедшим специальную подготовку.

Администрация радиационного объекта разрабатывает и утверждает программу радиационного контроля с учетом особенностей и условий выполняемых работ.

Радиационный контроль организаций и территорий предусматривает проведение контроля и учета индивидуальных доз облучения работников (персонала) и населения. Контроль и учет доз облучения персонала и населения должен проводиться с учетом требований Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения населения (далее — ЕСКИД).

Результаты радиационного контроля используются для оценки радиационной обстановки, установления контрольных уровней, разработки мероприятий по снижению доз облучения и оценки их эффективности.

При радиационном контроле воздушной среды широкое распространение получили следующие приборы.

Дозиметры — приборы для измерения эффективной дозы или мощности ионизирующего излучения за некоторый промежуток времени. Само измерение называется дозиметрией.

Радиометры — приборы для измерения энергии электромагнитного излучения оптического диапазона, основанные на его тепловом действии.

Дозиметры и радиометры также можно условно разделить на несколько основных категорий:

Индикаторы. Простые и недорогие приборы с невысокой чувствительностью и малой точностью. Способны определять выраженные радиоактивные аномалии.

Сигнализаторы. Разновидность индикаторов, способных различать резкие колебания радиационного фона в зоне действия прибора. Когда, радиационный фон рядом с сигнализатором резко изменяется, выше установленного порога, прибор включает звуковую или световую сигнализацию и сообщает о возможной опасности.

Измерители. Предназначены для измерения радиационного фона окружающей среды и конкретных объектов.

Поисковики. Предназначены для поиска радиоактивных аномалий, предметов, рудных минералов и т.д.

При измерениях необходимо также учитывать и естественный радиационный фон — то есть, излучение, создаваемое космическим излучением и излучением природных радионуклидов, естественно распределенных в окружающей среде. Доза радиации измеряется в микрозивертах в час (мкЗв/час.), а также в виде биологического эквивалента рентгена БЭР (1 Зв=100 БЭР). Виды ионизирующих излучений и их коэффициент биологической активности, представлены в Таблице 9.2 **Коэффициент биологической активности** равен отношению дозы полученного организмом излучения к дозе гамма-лучей, которые производят такой же биологический эффект. Поглощенную дозу, умноженную на коэффициент биологической активности, называют эквивалентной дозой.

Таблица 9.2.
Виды ионизирующих излучений

Излучение	Физическая сущность излучения	Биологическая активность, Q	Защита от излучения
α-излучение	ядра атомов гелия	20	Любая одежда
β-излучение	поток электронов	1	Любое сооружение
γ-излучение	Электромагнитные волны	1	Защитное сооружение
n-излучение	поток нейтронов	10	защитное сооружение

Контрольные вопросы по разделу:

1. Поясните термины — радиационная безопасность населения, ионизирующее излучение, естественный радиационный фон.
2. Поясните термины — техногенно измененный радиационный фон, эффективная доза (ионизирующего излучения), санитарно-защитная зона (вокруг источника ионизирующего излучения).
3. Основные принципы обеспечения радиационной безопасности.

4. Полномочия Российской Федерации и субъектов Российской Федерации в области обеспечения радиационной безопасности.
5. Государственное нормирование в области обеспечения радиационной безопасности.
6. Поясните термин — программа радиационного контроля.
7. Приборы, используемые при радиационном контроле воздушной среды.

Библиографический список

1. О радиационной безопасности населения : Федеральный закон Рос. Федерации от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ : принят Гос. Думой Рос. Федерации 5 декабря 1995 г. // Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8797/
2. Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу : утверждены указом Президента Российской Федерации от 13 октября 2018 г. № 585 // Доступ из справ. — правовой системы «Гарант». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71975716/>
3. СанПиН 2.1.2.2645-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях. // Доступ из электронного фонда МЕГАНОРМ. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293820/4293820246.htm>
4. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). // Доступ из справ. — правовой системы «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/4188851/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>
5. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). // Доступ из справ. — правовой системы «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/12177986/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>

ВЫВОДЫ

В Учебном пособии «Методы определения качества воздушной среды» содержатся материалы, для подготовки по дисциплине «Методы исследований и обработка информации в природопользовании», студентов бакалавриата обучающихся по направлению ФГОС ВО: 05.03.06 «Экология и природопользование».

В первом разделе учебного пособия рассмотрены законодательные и нормативные требования определяющие цели и задачи при создании и функционировании систем государственного экологического мониторинга, раскрыты основные термины и определения, связанные с загрязнением и мониторингом атмосферного воздуха.

Во втором разделе учебного пособия представлены законодательные требования при создании и использовании систем автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ, учете показателей выбросов загрязняющих веществ в государственном реестре объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Приведены значения предельно допустимых погрешностей в абсолютных величинах при выборе методики измерений концентраций и сопутствующих измерений состояния и загрязнения воздушной среды. Рассмотрен порядок создания и эксплуатации систем автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ на объектах, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду.

В третьем разделе учебного пособия рассмотрена типовая компоновка Российских автоматических станции мониторинга атмосферного воздуха.

В четвертом разделе учебного пособия представлены (согласно нормативным документам) определения экологических нормативов загрязнения атмосферного воздуха, и особенности их применения при оценке и расчетах негативного воздействия на окружающую среду.

В пятом разделе учебного пособия приведены формулы и методы расчетов показателей, определяющих состояние атмосферного воздуха в населенных пунктах Российской Федерации.

В шестом разделе учебного пособия представлена перспективная расчетная методика, позволяющая определить динамику изменения уровня загрязнения воздуха внутри помещения при его очистке с помощью воздухоочистителей, и при естественной и искусственной вентиляции.

В седьмом разделе учебного пособия раскрыты основные термины, связанные с шумовым воздействием, рассмотрены расчетные методы, позволяющие определить значения звукового и шумового воздействия в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки и методы их сопоставления с предельно допустимыми значениями.

В восьмом разделе учебного пособия представлены методы расчета допустимых уровней электромагнитного излучения в рамках действующих санитарных правил и гигиенических нормативов.

В девятом разделе изучены правовые основы, основные принципы и государственное нормирование в области обеспечения радиационной безопасности населения.

Д.Ю. Мартынов, Т.М. Джанчаров,
Н.В. Лагутина, А.Н. Насонов

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

по дисциплине «Методы исследований и обработка информации
в природопользовании», для подготовки бакалавров по направлению
ФГОС ВО: 05.03.06 «Экология и природопользование»

Издается в авторской редакции

Издательская группа:

В. В. Чернякина

Т. С. Андросов

А. В. Высоцкий

А. В. Логинова

Д. П. Куваева

А. С. Китова

Издательство «ДПК Пресс»

г. Москва, ул. Самокатная, 4а, с.1

+7 (495) 724-34-86; +7 (495) 788-83-81

www.dpk-press.ru

Отпечатано в типографии «ДПК Пресс»

Формат 60x90/16. Гарнитура «Greta Text Pro».

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Подписано в печать 17.01.2022 г.

Тираж 500 экз.