

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВЯТСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

В. А. ЛИХАНОВ, О. П. ЛОПАТИН

НОРМАТИВЫ ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



Киров 2014

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВЯТСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

В. А. ЛИХАНОВ, О. П. ЛОПАТИН

**НОРМАТИВЫ ПО ЗАЩИТЕ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Учебное пособие
для выполнения практических работ**

Киров 2014

УДК 631.372

Лиханов В.А., Лопатин О.П. Нормативы по защите окружающей среды: Учебное пособие для выполнения практических работ. - Киров: Вятская ГСХА, 2014. – 116 с.

Рецензенты: заведующий кафедрой автомобилей и тракторов, кандидат технических наук, доцент В.М. Попов (филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный индустриальный университет» в г. Кирове);

Заведующий кафедрой эксплуатации и ремонта машинно-тракторного парка, доктор технических наук, профессор Р.Ф. Курбанов (ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА).

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к печати учебно-методической комиссией инженерного факультета Вятской ГСХА (протокол № 01 от 10.09.2014 г.).

Учебное пособие разработано академиком Российской Академии транспорта, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой тепловых двигателей, автомобилей и тракторов **Лихановым В.А.**, кандидатом технических наук, доцентом **Лопатиным О.П.**

В учебном пособии рассмотрены основы расчета предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу и расчет рассеивания этих примесей в приземном слое; загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом; допустимости сброса сточных вод промышленного предприятия в водоем; допустимости сброса сточных вод промышленного предприятия в городскую канализацию; выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в окружающую среду; ущерба загрязнения земель химическими веществами; основы контроля выбросов токсичных компонентов в воздухе рабочей зоны.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 190601.62 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов». Профиль подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство».

© ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2014

© В.А. Лиханов, О.П. Лопатин, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Практическая работа №1	
Определение (расчет) предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу и расчет рассеивания этих примесей в приземном слое	5
Практическая работа № 2	
Расчет загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом	23
Практическая работа № 3	
Контроль выбросов токсичных компонентов в воздухе рабочей зоны	44
Практическая работа № 4	
Определение (расчет) допустимости сброса сточных вод промышленного предприятия в водоем	51
Практическая работа № 5	
Определение (расчет) допустимости сброса сточных вод промышленного предприятия в городскую канализацию	73
Практическая работа № 6	
Оценка ущерба за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в окружающую среду	86
Практическая работа № 7	
Оценка ущерба загрязнения земель химическими веществами	103
ЛИТЕРАТУРА	114

ВВЕДЕНИЕ

Нормирование качества окружающей природной среды является центральной идеей Федерального закона «Об охране окружающей среды», суть которой заключается в осуществлении государственного регулирования воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности.

Нормативами качества окружающей природной среды являются предельно допустимые нормы воздействия на окружающую среду со стороны производственной и хозяйственной деятельности человека. К содержанию нормативов допустимого воздействия на окружающую среду предъявляются определенные требования, изложенные в Федеральном законе «Об охране окружающей среды», основной целью которых является обеспечение научно обоснованных соотношений экономических и экологических интересов общества. Нормативы допустимого воздействия следует рассматривать как компромисс, достигнутый между экономикой и экологией, позволяющий на взаимовыгодных условиях развивать хозяйственную деятельность и охранять природную среду, здоровье и жизнь людей нашей планеты.

Установлены следующие нормативы допустимого воздействия на окружающую среду: допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов; образования отходов производства и потребления и лимиты на их размещение; допустимых физических воздействий (тепла, шума, вибрации, ионизирующего излучения, напряженности электромагнитных полей); допустимого изъятия компонентов природной среды; допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду должны обеспечивать соблюдение норм качества окружающей среды с учетом природных особенностей территорий и акваторий.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1
ОПРЕДЕЛЕНИЕ (РАСЧЕТ) ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ
ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ И РАСЧЕТ
РАССЕИВАНИЯ ЭТИХ ПРИМЕСЕЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ
(4 часа)

Цель и содержание работы

Работа предназначена для ознакомления студентов с нормированием деятельности промышленных предприятий, связанной с выбросом вредных веществ в атмосферу из стационарных источников (труб).

Газовые выбросы промышленных предприятий содержат вредные вещества различной степени токсичности. В случае неэффективной работы газоочистного оборудования или его отсутствия эти вещества загрязняют атмосферный воздух и оказывают вредное воздействие на здоровье людей, животных, состояние растительности и окружающей среды в целом.

Для обеспечения допустимых уровней загрязнения атмосферного воздуха населенных мест установлены нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ и нормативы предельно допустимых выбросов стационарными и передвижными источниками.

Студенты по нижеприведенной методике определяют для стационарного источника выбросов максимально возможную концентрацию вредного вещества в атмосферном воздухе, проводят расчет рассеивания этого вещества в воздухе, определяют значение предельно допустимого выброса (ПДВ) и определяют высоту источника выброса, при которой концентрация вредного вещества в воздухе не превышает ПДК.

Теоретические положения

Основные положения закона об охране атмосферного воздуха

Основой мероприятий по охране атмосферного воздуха является Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.09.99 № 96-ФЗ.

Для оценки качества атмосферного воздуха законом устанавливаются нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и уровней вредных физических воздействий на атмосферу. Эти нормативы должны отвечать интересам охраны здоровья людей и охраны окружающей среды. Нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и уровней вредных физических воздействий на него являются едиными для всей территории Российской Федерации.

С целью охраны атмосферного воздуха устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками загрязнений, а также нормативы предельно допустимых вредных физических воздействий. Эти нормативы устанавливаются для каждого стационарного источника выбросов или для иного вредного воздействия на атмосферный воздух, а также для каждой модели транспортных или иных передвижных средств и установок.

Нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих атмосферу веществ и предельно допустимых вредных физических воздействий на нее устанавливаются на уровне, при котором выбросы не приведут к превышению нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и предельно допустимых уровней вредных физических воздействий.

Выброс загрязняющих веществ в атмосферу стационарным источником допускается в каждом случае на основании разрешения, выдаваемого специально уполномоченным на то государственным органом. В разрешении предусматриваются нормативы предельно допустимых концентраций выбросов, а также другие требования, обеспечивающие охрану атмосферного воздуха.

Предприятия, учреждения и организации, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, обязаны проводить организационно-хозяйственные, технические и иные

мероприятия для обеспечения выполнения условий и требований, предусмотренных в разрешениях на выброс, принимать меры по снижению выбросов, обеспечивать бесперебойную работу и поддержание в исправном состоянии сооружений и аппаратуры для очистки выбросов и контроля за ними, а также осуществлять постоянный учет количества и состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу.

Осуществление мероприятий по охране атмосферного воздуха не должно приводить к загрязнению почв, вод и других природных объектов.

В случаях нарушения условий и требований, предусмотренных разрешениями, а также когда возникает угроза здоровью населения, выброс загрязняющих веществ должен быть приостановлен или запрещен по решению органа, осуществляющего государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, вплоть до прекращения деятельности отдельных промышленных установок, цехов, предприятий и учреждений.

При получении предупреждения о возможном повышении концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в связи с ожидаемыми неблагоприятными условиями предприятия, учреждения и организации обязаны проводить специально разработанные по согласованию с органами, осуществляющими государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, мероприятия по снижению выбросов таких веществ в атмосферу.

При размещении, проектировании и вводе в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий, сооружений и других объектов, при совершенствовании существующих и внедрении новых технологических процессов и оборудования необходимо обеспечивать соблюдение нормативов вредных воздействий на атмосферный воздух. При этом должны предусматриваться утилизация, обезвреживание вредных веществ и отходов или иное исключение выбросов загрязняющих веществ, выполнение других требований по охране окружающей среды, исходя из того, чтобы совокупность выбросов, а также вредных воздействий от проектируемых, действующих и планируемых к строительству в будущем предприятий, сооружений и других объектов не привели к превышению нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и нормативов

предельно допустимых уровней вредных физических воздействий на него.

Запрещается ввод в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий, сооружений и других объектов, не удовлетворяющих требованиям по охране атмосферного воздуха. Предприятия, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, независимо от времени ввода их в действие должны быть оснащены сооружениями, оборудованием и аппаратурой для очистки выбросов в атмосферу и средствами контроля за количеством и составом выбрасываемых загрязняющих веществ.

Добыча полезных ископаемых, взрывные работы, размещение и эксплуатация терриконов, отвалов, свалок должны проводиться с соблюдением правил по предотвращению и сокращению загрязнения атмосферного воздуха способами, согласованными с органами, осуществляющими государственный контроль за охраной атмосферного воздуха.

Размещение в населенных пунктах терриконов, отвалов, складирование промышленных отходов, производственного, бытового мусора и других отходов, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха пылью, вредными газообразными и дурно пахнущими веществами, а также сжигание указанных отходов на территории предприятий, учреждений, организаций и населенных пунктов запрещаются, кроме случаев, когда сжигание осуществляется с использованием специальных установок при соблюдении требований по охране атмосферного воздуха.

Правила установления предельно допустимых выбросов (ПДВ) и временно согласованных (ВСВ) вредных веществ в атмосфере

Предельно допустимый выброс (ПДВ) является научно-техническим нормативом, устанавливаемым для каждого конкретного источника загрязнения атмосферы при условии, что выбросы вредных веществ от него и всей совокупности источников города или другого населенного пункта с учетом их рассеивания и превращения в атмосфере, а также перспектив развития предприятия не создадут приземной концентрации, превышающей установленные нормативы качества окружающей среды. При этом под нормативами качества окружающей среды принимаются

предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

В тех случаях, когда на данном предприятии или группе предприятий, расположенных в одном районе, величины ПДВ по причинам объективного характера не могут быть достигнуты в настоящее время, по согласованию с органами Госкомгидромета должно планироваться поэтапное, с указанием продолжительности каждого этапа, снижение выбросов от действующих предприятий до величин, обеспечивающих соблюдение ПДК. При этом величины временно согласованных выбросов (ВСВ) должны устанавливаться с учетом значений величин выбросов, достигнутых предприятиями с наилучшей (в части охраны природной среды) технологией данного производства.

Величины ПДВ и ВСВ устанавливаются для отдельных источников в граммах в секунду и в тоннах в год.

В случае невозможности установления для источников ВСВ на уровне передовых производств уполномоченные органы должны предусмотреть в установленном порядке уменьшение объема производства, закрытие или вывод соответствующих предприятий или объектов или изменение их профиля.

Наряду с установлением ПДВ и ВСВ для одиночных источников в результате суммирования устанавливаются значения ПДВ и ВСВ для предприятий и комплексов в целом.

При установлении ПДВ и ВСВ для источников должны учитываться фоновые концентрации загрязнений в атмосферном воздухе, фактически созданные остальными источниками своего и других предприятий города и промышленного района. Фоновые концентрации устанавливаются по данным наблюдений сети Общегосударственной службы контроля за состоянием атмосферы либо определяются расчетным путем.

Величины ПДВ и ВСВ утверждаются в установленном порядке специально уполномоченными государственными органами. Пересмотр их производится в случае изменения мощности, технологии производства, режима работы предприятия, но не реже одного раза в пять лет.

Величины ПДВ и ВСВ определяются путем расчета загрязнения атмосферы вредными выбросами из отдельного источника или группы источников, определения расчетной концентрации этих загрязнений в приземном слое атмосферы и сопоставления

полученных данных с предельно допустимыми концентрациями примесей в атмосферном воздухе населенных пунктов. Результаты проводятся по временной Методике нормирования промышленных выбросов в атмосферу, разработанной Государственным комитетом по гидрометеорологии и контролю природной среды.

Результаты расчетов и предложения по достижению установленных нормативов качества окружающей среды оформляются в виде тома «Охрана окружающей среды и предложения по предельно допустимым выбросам (ПДВ) и временно согласованным выбросам (ВСВ) для предприятий» (том ПДВ и ВСВ).

Методика расчета предельно допустимого выброса и его рассеивания

Расчет рассеивания выбросов из одиночного источника

Величина максимальной приземной концентрации вредных веществ C_m для выброса нагретой газовой смеси из одиночного (точечного) источника с круглым устьем при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии x_m от источника определяется по формуле

$$C = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (1.1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе; M – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу из источника выбросов, г/с; F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса; H – высота источника выброса над уровнем земли, м; ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_2 и температурой окружающего атмосферного воздуха T_0 ; V_1 – объем газовой смеси, $m^3/с$, определяемый по формуле

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0, \quad (1.2)$$

где D – диаметр источника выброса, м; ω_0 – средняя скорость газозвушной смеси на выходе из устья источника выброса, м/с.

Коэффициент A принимается для неблагоприятных метеорологических условий, при которых концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе от источника выбросов достигают максимального значения. Для центральной зоны значение коэффициента $A = 200$.

Величины M и V_1 определяются расчетом в технологической части проекта или принимаются в соответствии с действующими для данного производства (процесса) нормативами.

Величины безразмерного коэффициента F принимаются:

- для газообразных вредных веществ (сернистого газа, сероуглерода и т.п.) и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т.п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) $F = 1$;

- для пыли и золы (кроме указанных в предыдущем пункте);

- если коэффициент очистки газовых выбросов равен не менее 90%, $F=2$;

- если коэффициент очистки газовых выбросов равен от 75 до 90%, $F=2,5$;

- если коэффициент газовых выбросов очистки менее 75%, $F = 3,0$.

Вне зависимости от эффективности пылеулавливания значение коэффициента F принимается равным 3, также при расчетах рассеивания пыли в атмосфере для производств, в которых выбросы пыли сопровождаются выделениями водяного пара в количестве, достаточном для того, чтобы в течение года наблюдалась его интенсивная конденсация сразу же после выхода в атмосферу, а также коагуляция влажных пылевых частиц (например, глиноземное производство).

Безразмерный коэффициент m в уравнении (1) определяется по формуле

$$m = \frac{1}{0,67+0,1 \cdot \sqrt{f}+0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (1.3)$$

в зависимости от величины параметра f , вычисляемого по уравнению

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}. \quad (1.4)$$

Безразмерный коэффициент n в уравнении (1.1) определяется по формулам (1.5 – 1.7) в зависимости от параметра v_m , вычисляемого по формуле (1.8):

$$\text{при } v_m \leq 0,3 \quad n = 3; \quad (1.5)$$

$$\text{при } 0,3 < v_m \leq 2 \quad n = 3 - \sqrt{(v_m - 0,3)(4,36 - v_m)} \quad (1.6)$$

$$\text{при } v_m > 2 \quad n = 1, \quad (1.7)$$

$$\text{где } v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{v_1 \cdot \Delta T}{H}}. \quad (1.8)$$

Максимальная приземная концентрация вредных веществ C_m при неблагоприятных метеорологических условиях достигается на оси факела выброса (по направлению среднего ветра за рассматриваемый период) на расстоянии x_m от источника выброса. Величина x_m определяется по формуле

$$x_m = d \cdot H. \quad (1.9)$$

Коэффициент d в уравнении (1.9) определяется в зависимости от значения коэффициента v_m :

$$\text{при } v_m \leq 2 \quad d = 4,95 \cdot v_m (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}); \quad (1.10)$$

$$\text{при } v_m > 2 \quad d = 7 \sqrt{v_m} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}). \quad (1.11)$$

Величины приземных концентраций вредных веществ C в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях от источника выброса определяются по формуле

$$C = S_1 \cdot C_m. \quad (1.12)$$

Безразмерный коэффициент S_1 определяется в зависимости от отношения x/x_m по формулам:

$$\text{при } \frac{x}{x_m} \leq 1 \quad S_1 = 3 \left(\frac{x}{x_m} \right)^4 - 8 \left(\frac{x}{x_m} \right)^3 + 6 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2; \quad (1.13)$$

$$\text{при } 1 < \frac{x}{x_m} < 8 \quad S_1 = \frac{1.13}{0.13 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 + 1}. \quad (1.14)$$

При $x/x_m > 8$ и $F = 1$ величина S_1 определяется по формуле

$$S_1 = \frac{\frac{x}{x_m}}{3.58 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 - 35.2 \left(\frac{x}{x_m} \right) + 120}; \quad (1.15)$$

при $x/x_m > 8$ и $F = 2; 2.5$ или 3 величина S_1 определяется по формуле

$$S_1 = \frac{1}{0.1 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 + 2.47 \left(\frac{x}{x_m} \right) - 17.8}. \quad (1.16)$$

Определение предельно допустимого выброса

Предельно допустимый нагретый выброс вредного вещества в атмосферу ПДВ, г/с, из одиночного источника (трубы), при котором обеспечивается не превышающая ПДК его концентрация в приземном слое воздуха, определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{\text{ПДК} \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}. \quad (1.17)$$

Определение минимальной высоты одиначного источника выброса

Высота одиначного источника выброса (трубы) H , при которой обеспечивается не превышающее ПДК значение максимальной приземной концентрации вредных веществ C_m , если установлены величины M , ω_0 , v_1 , и ΔT , определяется по формуле

$$H = \left(\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D}{8 \cdot v_1 \cdot \text{ПДК}} \right)^{3/4}. \quad (1.18)$$

Исходные данные для расчетов

Промышленным предприятием осуществляется выброс газозудушной смеси, содержащей вредную примесь, в атмосферу из одиначного источника (трубы). Параметры источника выброса, расход газозудушной смеси, содержание в смеси вредной примеси и ее ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов для различных вариантов расчетов приведены в приложении.

Необходимо:

- определить:
 - предельно допустимый выброс примеси в атмосферу – ПДВ;
 - максимальную приземную концентрацию примеси – C_m ;
 - расстояние от источника выброса, на котором достигается максимальная концентрация, – x_m ;
 - величины приземных концентраций вредного вещества – C на расстояниях от источника выброса, определяемые соотношениями

$$\begin{aligned} x/x_m &= 0,25; & x/x_m &= 0,5; & x/x_m &= 1,5; \\ x/x_m &= 3,0; & x/x_m &= 5,0; \end{aligned}$$

- построить графическую зависимость приземной концентрации примеси от расстояния от источника выброса;
- результаты расчетов свести в таблицу.

Примечания:

- коэффициент A принимается для всех вариантов расчетов равным $A = 200$;

- коэффициент F принимается для всех вариантов расчетов равным $F = 1$;
- температура окружающего атмосферного воздуха принимается для всех вариантов расчетов равной $T_B = 27$ °С.

Требования к отчету

Результаты практической работы должны быть оформлены в виде отчета, в котором должны быть изложены:

- наименование и вариант работы;
- исходные данные для расчетов;
- методика расчетов с результатами вычислений;
- рисунок, отражающий графическую зависимость концентрации загрязняющего вещества от расстояния от источника выбросов;
- сводная расчетная таблица;
- общее заключение по результатам работы.

Пример расчета

Газовоздушная смесь, содержащая вредную примесь (диоксид азота, ПДК = 0,085 мг/м³) в количестве $M = 160$ г/с, выбрасывается из трубы высотой $H = 60$ м. Средняя скорость газовоздушной смеси на выходе из устья трубы равна $\omega_0 = 6$ м/с. Диаметр выходного отверстия трубы равен $D = 2$ м. Температура газовоздушной смеси на выходе из трубы равна $T_T = 167$ °С. Температура окружающего атмосферного воздуха равна $T_B = 27$ °С.

1. Определение максимальной приземной концентрации вредного вещества C_m .

Объем газовоздушной смеси, выбрасываемый из источника, уравнение (1.2):

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0 = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 6 = 18,84 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Разность между температурой выбрасываемой газовоздушной смеси и температурой окружающего воздуха:

$$\Delta T = T_G - T_B = 167 - 27 = 140^\circ\text{C}$$

Значение параметра f , уравнение (1.4):

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = 10^3 \cdot \frac{6^2 \cdot 2}{60^2 \cdot 140} = 0,143.$$

Коэффициент m , уравнение (1.3):

$$m = 1 / (0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}) = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,143} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,143}} = 1,129.$$

Коэффициент v_m , уравнение (1.8):

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{18,84 \cdot 140}{60}} = 4,31.$$

$v_m > 2$, следовательно, коэффициент n в уравнении (1.1) равен $n = 1$.

Максимальная приземная концентрация вредного вещества, уравнение (1.1):

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 160 \cdot 1 \cdot 1,129 \cdot 1}{60^2 \cdot \sqrt[3]{18,84 \cdot 140}} = 0,763 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Коэффициент A в уравнении (1.1) в расчетах принят для центральной зоны равным $A = 200$. Двуокись азота является газообразным веществом, скорость упорядоченного оседания которого практически равна нулю. Поэтому значение коэффициента F в уравнении (1.1) в расчетах принято равным $F = 1$.

2. Определение расстояния от источника выброса (трубы) по оси факела, на котором достигается максимальная приземная концентрация вредного вещества.

Коэффициент d при значении $v_m > 2$, уравнение (1.11):

$$d = 7 \cdot \sqrt{v_m} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) = 7 \cdot \sqrt{4,31} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{0,143}) = 16,66.$$

Расстояние, на котором достигается максимальная приземная концентрация, уравнение (1.9):

$$x_m = d \cdot H = 16,66 \cdot 60 = 1000 \text{ м.}$$

3. Определение приземных концентраций вредного вещества на различных расстояниях от источника выбросов в атмосферу (трубы).

Величины приземных концентраций вредного вещества в атмосфере на различных расстояниях x от источника выбросов, см. уравнение (1.12). Расчет проводится для следующих значений отношения заданного значения расстояния к значению, при котором достигается максимальная приземная концентрация:

$$x/x_m=0,25; \quad x/x_m=0,5; \quad x/x_m=1,5; \quad x/x_m=3,0 \quad x/x_m=5,0.$$

В данном примере этим отношениям соответствуют следующие расстояния от источника выбросов:

$$250, 500, 1500, 3000, 5000 \text{ м.}$$

Приземные концентрации для значений отношения $x/x_m \leq 1$:

$$x/x_m=0,25.$$

Коэффициент S_1 , уравнение (1.13):

$$\begin{aligned} S_1 &= 3 \left(\frac{x}{x_m}\right)^4 - 8 \left(\frac{x}{x_m}\right)^3 + 6 \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 = 3 \cdot 0,25^4 - 8 \cdot 0,25^3 + 6 \cdot 0,25^2 = \\ &= 0,262 \end{aligned}$$

Приземная концентрация, уравнение (1.12):

$$C = S_1 \cdot C_m = 0,262 \cdot 0,763 = 0,20 \text{ мг/м}^3$$

$$x/x_m=0,5; S_1 = 0,687; C = 0,524 \text{ мг/м}^3.$$

Приземные концентрации для значений отношения $x/x_m > 1$:

$$x/x_m=1,5.$$

Коэффициент S_1 , уравнение (1.14):

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 1} = \frac{1,13}{0,13 \cdot 1,5^2 + 1} = 0,874.$$

Приземная концентрация, уравнение (1.12):

$$C = S_1 \cdot C_m = 0,874 \cdot 0,763 = 0,667 \text{ мг/м}^3$$

$$x/x_m=3,0; S_1 = 0,52; C = 0,397 \text{ мг/м}^3.$$

$$x/x_m=5,0; S_1 = 0,266; C = 0,203 \text{ мг/м}^3.$$

4. Определение предельно допустимого выброса вредного вещества в атмосферу ПДВ, г/с, из одиночного источника (трубы).

$$\text{ПДВ} = \frac{\text{ПДК} \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n} = \frac{0,085 \cdot 60^2 \cdot \sqrt[3]{18,84 \cdot 140}}{200 \cdot 1,0 \cdot 1,129 \cdot 1,0} = 18,72 \text{ г/с}$$

5. Определение минимальной высоты источника выброса (трубы), при которой обеспечивается не превышающее ПДК значение максимальной приземной концентрации вредного вещества.

ПДК вредной примеси в газовой смеси (диоксида азота) составляет $0,085 \text{ мг/м}^3$. Максимальная концентрация примеси в приземном слое атмосферы равна $C_m=0,763 \text{ мг/м}^3$, т.е. больше ПДК. Следовательно, условия выброса газовой смеси в атмосферу через трубу высотой 60 м не соответствуют санитарным требованиям. Добиться данного соответствия можно увеличением высоты трубы.

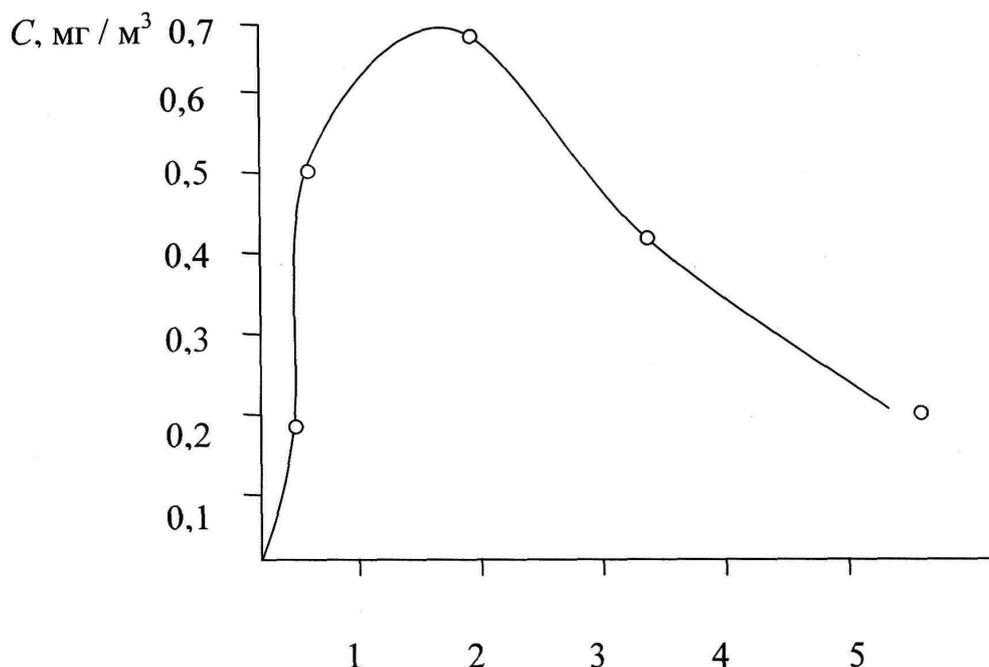


Рисунок 1.1 - Зависимость концентрации вредного вещества в приземном слое атмосферы от расстояния от источников выбросов

Высота одиночного источника выброса (трубы) H , при которой обеспечивается не превышающее ПДК значение максимальной приземной концентрации вредных веществ C_m , если установлены величины M , ω_0 , v_1 , D и ΔT , определяется по формуле:

$$H_p = \left(\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D}{8 \cdot v_1 \cdot \text{ПДК}} \right)^{3/4} = \left(\frac{200 \cdot 160 \cdot 1,0 \cdot 2,0}{8 \cdot 18,84 \cdot 0,085} \right)^{3/4} = 594,2 \text{ м.}$$

Таблица 1.1 - Результаты расчетов предельно допустимого выброса вредных веществ в атмосферу

Наименование показателей	Обозначение	Единицы измерения	Значения
1. Параметры источника выбросов			
Высота	H	м	60
Диаметр	D	м	2
Скорость газовой смеси в устье выброса	ω_0	м/с	6
Высота, при которой обеспечивается не превышающая ПДК максимальная концентрация вредного вещества	H_p	м	594,2
2. Параметры газовой смеси			
Загрязняющее вещество			Диоксид азота
ПДК	$ПДК$	мг/м ³	0,085
Количество выбрасываемой примеси	M	г/с	160
Предельно допустимый выброс	$ПДВ$	г/с	18,72
Максимальная концентрация в приземном слое	C_m	мг/м ³	0,763
Расстояние, на котором достигается максимальная концентрация	x_m	м	1000

Таблица 1.2 - Данные для выполнения работ

Номер варианта	Загрязнитель		Выброс		Источник выброса		
	наименование	<i>ПДК, мг/м³</i>	масса <i>M</i> , г/с	температура <i>T_Г</i> , °С	скорость ω_0 , м/с	высота <i>H</i> , м	диаметр трубы, <i>D</i> , м
1	Диоксид азота	0,085	160	250	6,0	160	1,5
2	Аммиак	0,2	155	245	6,1	162	1,6
3	Ангидрид сернистый	0,05	150	240	6,2	164	1,7
4	Анилин	0,03	145	235	6,3	166	1,8
5	Бензин	1,3	140	230	6,4	168	1,9
6	Бензол	0,8	135	225	6,5	170	2,0
7	Водород хлористый	0,2	130	220	6,6	172	2,1
8	Диметиламин	0,005	125	215	6,5	174	2,2
9	Дихлорэтан	1,0	120	210	6,4	176	2,3
10	Капролактam	0,06	115	205	6,3	178	2,4
11	Кислота серная	0,1	110	200	6,2	180	2,5
12	Кислота уксусная	0,06	105	195	6,1	182	2,6
13	Ксилол	0,2	100	190	6,0	184	2,7
14	Нитробензол	0,008	98	185	5,9	188	2,8
15	Сероуглерод	0,005	96	180	5,8	190	2,9
16	Сероводород	0,008	94	175	5,7	192	3,0
17	Стирол	0,003	92	170	5,6	194	2,9
18	Толуол	0,6	90	165	5,4	196	2,8
19	Трихлорэтилен	1,0	88	160	5,3	198	2,7
20	Фенол	0,01	86	155	5,2	200	2,6
21	Формальдегид	0,003	84	150	5,1	222	2,5
22	Хлор	0,03	82	145	5,0	224	2,4
23	Хлорбензол	0,01	80	140	4,9	226	2,5
24	Циклогексанол	0,06	78	135	4,8	228	2,4
25	Оксид цинка	0,05	76	130	4,7	230	2,3

Контрольные вопросы

1. Как называются нормативы качества атмосферного воздуха?
2. Какое условие принимается за основу при установлении для стационарного источника выбросов норматива предельно допустимого выброса (ПДВ)?
3. На основании какого документа разрешается выброс загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников?
4. Какие меры применяются к предприятию, имеющему выбросы в атмосферу, в случаях, когда возникает угроза здоровью населения и окружающей среде?
5. Какие мероприятия по охране атмосферного воздуха должны осуществляться при размещении, вводе в действие новых или реконструируемых действующих предприятий?
6. Какое санитарно-гигиеническое требование должно выполняться при вводе в эксплуатацию новых и реконструируемых предприятий, сооружений и других объектов, при совершенствовании существующих и внедрении новых технологических процессов и оборудования?
7. Какие мероприятия должны осуществляться на предприятиях, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу?
8. В каких случаях устанавливаются нормативы временно согласованных выбросов (ВСВ) вредных веществ в атмосферу?
9. Какие требования предъявляются к предприятию при установлении норм ПДВ?
10. Какие данные принимаются за основу при установлении нормативов ВСВ?
11. Каким образом устанавливаются нормативы ПДВ и ВСВ?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

(4 часа)

Цель и содержание работы

Цель работы - ознакомить студентов с расчетом количества вредных выбросов от автотранспорта и с методами защиты атмосферного воздуха от данных загрязнений.

Автотранспорт является одним из основных загрязнителей атмосферы содержащимися в выхлопных газах оксидами азота NO_x (смесь NO и NO_2) и оксидом углерода (CO). Доля транспортного загрязнения воздуха по CO превышает 60%, по NO_x - 50% от общего загрязнения атмосферы этими газами. Помимо этих газов в выбросах автотранспорта содержится около 200 веществ, таких как углеводороды, акролеин, ксилол, бенз(а)пирен, сернистый ангидрид, фенол, формальдегид, сероводород, твердые частицы и др. Для автотранспорта нормируются выбросы угарного газа, углеводородов и оксидов азота в пересчете на NO_2 .

По нижеприведенной методике студенты определяют концентрацию загрязнения атмосферного воздуха угарным газом, углеводородами, оксидами азота на разных расстояниях от автомобильной дороги.

Теоретические положения

Основные виды выбросов от автотранспорта

Один легковой автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 т кислорода, выбрасывая с отработавшими газами примерно 800 кг оксида углерода, около 400 кг оксидов азота и почти 200 кг различных углеводородов. Сегодня насчитывается порядка 400 млн единиц мирового парка автомобилей. В России, по данным ВНИИГАЗ, автопарк близок к 34 млн единиц.

Передвижные источники загрязнения пространственно рассредоточены по территории города и расположены в непосредственной близости к жилым районам, что создает общий повышенный фон загрязнения. Они располагаются невысоко от

земной поверхности, в результате чего отработавшие газы автомобилей слабее рассеиваются ветром по сравнению с промышленными выбросами и скапливаются в зоне дыхания людей. Кроме того, темпы роста числа автомобилей значительно выше по сравнению с темпами роста промышленных источников.

Таблица 2.1 - Основные виды выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников

Тип двигателя	Топливо	Основные виды	Примеры источников загрязнений
Четырехтактный внутреннего сгорания	Бензин	Углеводороды, оксид углерода, оксиды азота	Автомобили, трактора, автобусы, мотоциклы
Двухтактный внутреннего сгорания	Бензин (с добавлением масла)	Углеводороды, оксид углерода, оксиды азота, твердые вещества	Мотоциклы, вспомогательные моторы
Дизель	Лигроин	Оксиды азота, твердые вещества	Автобусы, трактора, машины

Уровень загазованности магистралей и приагистральных территорий зависит от интенсивности движения автомобилей, ширины и рельефа улицы, скорости ветра, доли грузового транспорта и автобусов в общем потоке. При интенсивности движения 500 транспортных единиц в час концентрация оксида углерода на открытой территории на расстоянии 30-40 м от автомагистрали снижается в 3 раза и достигает нормы. Затруднено рассеивание выбросов автомобилей на тесных улицах. В итоге практически все жители города испытывают на себе вредное влияние загрязненного воздуха.

Основные направления защиты атмосферного воздуха от вредных выбросов передвижных источников

Меры административного и экономического регулирования.

Вредное воздействие выбросов двигателя автомобиля на людей и животных называется токсичностью выбросов. Величина вредных выбросов в атмосферу автотранспортом зависит от плотности транспортного потока и количества газов, выбрасываемых каждым автомобилем. Так как транспортный поток на улицах городов будет непрерывно возрастать, необходимо для снижения загазованности воздушной среды ограничить количество вредных продуктов, выделяемых каждым автомобилем, т. е. установить нормы выброса токсичных веществ с выхлопными газами.

Жесткие требования к токсичности отработанных газов новых автотранспортных средств сформулированы в виде норм ЕЭК ООН, директив Европейского союза, которые являются обязательными для автопроизводителей. Выполнение этих норм позволяет существенно сократить интенсивность выделения нормируемых токсичных компонентов выбросов двигателями одиночных автотранспортных средств.

Для ограничения содержания в выхлопе автомобиля токсичных веществ Европейской экономической комиссией ООН были введены стандарты «Евро».

Стандарт Евро-1 предусматривал выброс бензиновым двигателем оксида углерода (СО) не более 2,72 г на 1 км пути, углеводородов - не более 0,72 г/км, оксида азота (NO) - не более 0,27 г/км. Евро-1 действовал в Европе с 1992 года, а в 1995-м году его сменил более жесткий стандарт - Евро-2.

В Евро-2 были ужесточены почти в 3 раза (0,29 против 0,72 г/км) нормы по содержанию в выхлопе углеводородов.

Экологический стандарт Евро-2 был принят Правительством России осенью 2005 г.

В 1999 г. введен стандарт Евро-3. Евро-3 - это снижение уровня выбросов по сравнению с Евро-2 на 30-40 %. Ему соответствуют все новые машины, выпущенные в европейских странах с 1999 г. Все транспортные средства, произведенные или ввезенные в Россию, начиная с 1 января 2008 г., должны удовлетворять требованиям стандарта Евро-3, регулирующего содержание вредных веществ в

выхлопных газах транспортных средств с дизельными и бензиновыми двигателями.

С октября 2008 г. для всех новых грузовых автомобилей, продаваемых в Евросоюзе, обязателен стандарт Евро-5. Для легковых автомобилей разработка стандарта Евро-5 еще не завершена. Важно отметить, что до введения стандарта Евро-5 выбросы сажи в выхлопах транспортных средств не учитывались.

Европа не собирается долго ограничиваться стандартом Евро-5. В 2015 г. должен вступить в силу стандарт Евро-6, согласно которому будет снижен выброс углекислого газа новыми автомобилями.

В нашей стране существуют два вида стандартов на нормы и методы определения вредных веществ в отработанных газах автомобилей и двигателей.

К первому относятся государственные стандарты. Они распространяются на автомобили, находящиеся в эксплуатации, т. е. на весь автомобильный транспорт РФ. Это ГОСТ 17.2.2.03-77 «Охрана природы. Атмосфера. Содержание окиси углерода в отработанных газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Нормы и методы определения», ГОСТ 1393-75 «Автомобили с дизелями. Дымность отработанных газов. Нормы и методы определения», ГОСТ Р 52033-2003 «Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» и ГОСТ Р 52160-2003 «Автотранспортные средства с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния».

Второй вид - отраслевые стандарты Минавтопрома на новую продукцию. Они предусматривают проверку токсичности отработанных газов автомобилей с искровым зажиганием массой от 400 до 3500 кг, двигателей грузовых автомобилей и автобусов при приемочных и контрольных испытаниях на предприятиях-изготовителях. В 1982 г. введен в действие отраслевой стандарт ГОСТ 37.001.234-81 «Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Выбросы вредных веществ с отработанными газами. Нормы и методы определения». Стандарт устанавливает предельно допустимые нормы выброса оксида углерода (II), углеводородов и оксида азота (IV), а также определяет методику проведения измерений указанных компонентов. Простая мера - регулировка двигателей - может снизить токсичность выхлопных газов в

несколько раз.

7 марта 2003 г. Государственной Думой РФ принят закон «О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации». Этилированный бензин - это топливо с добавлением тетраэтилсвинца - добавки, которая увеличивает октановое число автомобильного бензина с 76 до 93. Этиловый бензин - вещество, которое ведет к стойкой свинцовой интоксикации человека. Запрет производства этилированного бензина позволил снять существовавшее ранее ограничение, связанное с несовместимостью этилированного бензина и каталитического нейтрализатора отработанных газов.

Для того чтобы снизить выбросы одиночных автотранспортных средств в процессе их эксплуатации, следует ужесточить экологический контроль, а также добиться вытеснения экологически опасных автотранспортных средств из эксплуатации. Для этого устанавливаются экологические классы автотранспортных средств:

- 0-й класс - устаревшие модели;
- промежуточный класс - устаревшие модели, оснащенные устройствами, снижающими токсичность выбросов;
- 1-й, 2-й классы и т. д. - модели, соответствующие требованиям Евро-1, Евро-2 и т. д.

Действующий ГОСТ Р 52033-2003 «Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» позволяет осуществлять контроль автомобилей 0-го и промежуточного классов.

Для контроля автотранспортных средств 2-го класса и выше необходима разработка новых поправок к данному стандарту.

Для дизелей всех типов автотранспортных средств экологические классы в эксплуатации пока не установлены. Согласно ГОСТ Р 52160-2003 «Автотранспортные средства с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» дизели проверяют на соответствие норм дымности.

Введение экономических стимулов в виде увязки экологического класса автотранспортного средства с уровнем транспортного налога (чем ниже экологический класс, тем выше налог), ограничения (платность) доступа на определенные территории автотранспортных средств низших экологических классов позволит создать условия для

вытеснения из автомобильного парка экологически опасных автотранспортных средств и снизить загрязнение атмосферного воздуха вблизи транспортных сооружений.

Градостроительные мероприятия. Для защиты атмосферного воздуха от загрязнений выбросами автомобильного транспорта большое значение имеют градостроительные мероприятия, направленные на снижение концентрации выхлопных газов в зоне пребывания человека.

Так, к мероприятиям по снижению концентрации загрязнений на пути их распространения относятся:

- удаление жилых зданий от автомагистралей;
- рациональное расположение домов и спальных комнат в квартирах;
- применение перекрытий, стен и окон с высокой герметичностью;
- развитие транспортной сети объездных дорог;
- строительство улиц, дублирующих магистрали;
- организация пересечений улиц в разных уровнях;
- организация проездов вне жилых территорий;
- применение зеленых насаждений.

Необходимы специальные приемы застройки и озеленения автомагистралей, размещение застройки по принципу зонирования: в первом от магистрали эшелоне застройки размещаются здания пониженной этажности, затем дома повышенной этажности и в глубине застройки - детские и лечебно-оздоровительные учреждения.

Тротуары, жилые, торговые и общественные здания изолируются от проезжей части улиц с напряженным движением многорядными древесно-кустарниковыми посадками - по три-четыре ряда и более. Известно, что запыленность воздуха в зеленых насаждениях в 2-3 раза меньше, чем на открытых территориях. Древесные и травянистые растения улавливают до 50 % пыли летом и до 37 % зимой. Хвойные породы, вследствие увеличенной адсорбции, осаждают пыли в 1,5 раза больше на единицу массы листа по сравнению с лиственными.

Отсутствие ухоженного газона под деревьями снижает осаждение пыли зелеными насаждениями, уменьшая их пылезащитную функцию в несколько раз. Поэтому для удержания осевшей пыли почва должна быть покрыта дерном или подстриженным газоном.

Газозащитные зеленые насаждения могут быть использованы в сочетании с земляными валами и защитными экранами.

Большое значение имеет сооружение транспортных развязок на разных уровнях, магистралей-дублеров, кольцевых дорог, использование подземного пространства для размещения автостоянок и гаражей.

Так как наибольший выброс продуктов неполного сгорания бензина происходит при задержках машин у светофоров, при стоянке с невыключенным мотором в ожидании зеленого света, при трогании с места и форсировании работы мотора, то необходимо устранить препятствия на пути свободного движения потока автомашин. Для этого нужны специальные автомобильные магистрали, не пересекающиеся с другими магистралями на одном уровне и движением машин или пешеходов. Необходимы переходы для пешеходов на всех пунктах скопления машин, а также эстакады или тоннели для разгрузки больших перекрывающихся потоков транспорта.

Организация движения городского транспорта. Любые вопросы организации движения надо рассматривать с точки зрения не только обеспечения безопасности, но и уменьшения токсичности выхлопных газов. Так, предельная скорость движения в городе установлена 60 км/ч. Именно на эту скорость у легковых автомобилей приходится минимум вредных выбросов. При резком увеличении или уменьшении скорости движения выброс возрастает более чем вдвое.

Должна проводиться большая работа по улучшению организации и безопасности движения транспорта. Возрастает роль техники регулирования. На улицах наших городов можно увидеть принципиально новые системы регулирования движения. Примером может служить «Бегущая волна». Она обеспечивает плавность автомобильного потока: по резервной полосе автомагистрали прокладывается гирлянда разноцветных ламп; по ним как бы двигаются светящиеся линии зеленого и красного цвета. Скорость перемещения того или иного света соответствует режиму движения транспорта. В этой ситуации «зеленый луч» становится своего рода пеленгом для водителей. Они получают возможность решать, какую скорость следует выбрать в данной ситуации. Вереница автомобилей растягивается по всей длине зеленого сигнала, и вероятность столкновения между соседними автомобилями уменьшается.

В Москве используется электронный регулятор движения транспорта - телеавтоматическая система «Старт», предназначенная

для автоматизированного управления движением транспортных потоков по всей улично-дорожной сети города. Система позволяет из единого центра определять скорость движения транспорта на основных магистралях, места заторов и пробок, регулировать режим работы светофоров, оперативно осуществлять диспетчерское управление движением транспорта в экстремальных ситуациях, управлять движением в тоннелях, информировать участников движения с помощью динамических электронных табло и управляемых дорожных знаков о дорожно-транспортной ситуации. Переключение программ координации осуществляется по расписанию (по времени суток и дням недели с учетом сезона) либо адаптивно (по параметрам транспортных потоков).

Применение системы «Старт» позволяет сократить задержки транспорта у светофоров на 25 %, сэкономить горючего на 8-12 %, уменьшить количество дорожных происшествий.

Электрический транспорт. Оздоровлению атмосферы способствует расширение перевозок пассажиров с помощью электрического транспорта (как наземного, так и подземного). Электрический транспорт избавляет население от лишнего шума и выхлопных газов.

На периферии города целесообразно использование скоростных трамваев над обособленным полотном, пересекающимся с городскими магистралями на разных уровнях. Это позволит увеличить скорость трамвая до 32 км/ч (вместо 16-20 км/ч обычной скорости наземного городского транспорта). Трамвай - вполне современный, удобный и экономичный транспорт. Сооружение 1 км пути современного скоростного трамвая обходится в 8-12 раз дешевле 1 км линии метро. Трамвай имеет самый низкий удельный расход энергии. В ряде случаев, особенно при спаде пассажиропотока, скоростной трамвай, имеющий обособленное полотно для движения, может успешно конкурировать с метрополитеном.

Особенно выгодно применение наземного электрического транспорта в курортных зонах. В таких случаях, например, троллейбус может работать и в междугороднем сообщении: длина троллейбусных линий Симферополь-Ялта и Симферополь-Алушта более 100 км.

Добавление к топливу присадок. Добавлением к топливу присадок можно изменить ход реакций окисления углеводородов в

сторону уменьшения образования некоторых токсичных компонентов: оксида углерода, углеводородов, альдегидов, сажи и др. В России и за рубежом предложен ряд присадок. Для карбюраторных двигателей самыми эффективными оказались смеси различных спиртов. Добавление их к бензину ведет к заметному снижению в выхлопных газах оксида углерода.

Разработано большое число присадок к дизельному топливу, снижающих содержание в выхлопных газах дизелей сажи. Наиболее эффективными оказались барийсодержащие присадки.

Перспективно использование присадок на основе ферроценов. Присадки этого типа сочетаемы с каталитическими дожигателями и используются в производстве бензинов.

Сжатый и сжиженный газ - топливо для автомобилей. В качестве автомобильного горючего используют два вида газового топлива: сжиженный нефтяной, или углеводородный, и сжатый компримированный газ.

Сжиженный газ, используемый как автомобильное топливо, в основном состоит из пропана, бутана, получаемых при добыче природного газа и нефти, и (около 1 %) непредельных углеводородов.

Сжатый газ - это, в основном, метан, сохраняющий свое газообразное состояние почти при любой температуре и при повышенном давлении.

В выхлопе автомобилей, работающих на газе, содержится в три-четыре раза меньше оксида углерода, чем в выхлопе бензиновых двигателей. Газ сгорает почти полностью. В Российской Федерации существуют действующие и создаются новые автомобильные газозаправочные станции (АГНСК), предназначенные для заправки автомобилей сжатым газом. АГНСК рассчитана на 500 заправок в сутки при трехсменной работе в объеме заправки 100 м^3 . Время заправки 10-12 мин. Как показал отечественный и зарубежный опыт, природный газ является весьма экономичным горючим для автомобильных двигателей: 1 м^3 газа сберегает как минимум 1 л бензина. Ресурсы мотора увеличиваются в 1,5 раза; периодичность смены масла - в 2,5 раза. Во столько же снижаются затраты на топливо и себестоимость перевозок. Резко снижаются выбросы в атмосферу продуктов сгорания. Максимальная скорость автомобиля без прицепа при работе на природном газе - 95 км/ч. Контрольный расход газа при скорости 60 км/ч - 40 м^3 на 100 км пути.

Температура кипения сжиженного газа - 160°C . Во избежание

испарения топлива помещают в криогенный бокс; 60 л сжиженного природного газа обеспечивают автопробег в 300 км. Газ легко смешивается с воздухом и образует идеальную «пищу» для мотора. Газовое топливо увеличивает срок службы двигателя примерно на треть.

Перевод автомобиля на газовое топливо не требует конструктивной переделки двигателя: достаточно установить газобаллонное оборудование. Межремонтный пробег газового двигателя более продолжительный по сравнению с бензиновым, на газовом двигателе увеличивается срок службы свечей зажигания. Применение газового топлива заметно снижает суммарную токсичность отработавших газов.

По данным «ВНИИГАЗ», в России возможен перевод на природный газ не менее 30 % грузовых автомобилей, 60-70 % автобусов и 10-15 % легковых автомобилей.

Помимо газа могут использоваться и другие виды топлива: спирт, биотопливо. В качестве автономного топлива этанол по некоторым параметрам превосходит бензин. В нем меньше примесей, а октановое число достигает 125 единиц. Поэтому этанол иногда используют как высокооктановую добавку. Однако теплотворная способность этанола существенно ниже «бензиновой» - отсюда и более высокий расход топлива.

В настоящее время возможности сельского хозяйства Европы способны обеспечить биотопливом от 50 до 80 % всех легковых автомобилей. При сгорании топлива в атмосферу возвращается только тот углекислый газ, который был поглощен растениями при росте. Биодизельное топливо (биодизель) - относительно новый вид экологически чистого топлива. Производится биодизель из растительного масла и является возобновляемым источником энергии. Биодизель может использоваться в обычных двигателях внутреннего сгорания без изменения их конструкции. Возможно применение биодизеля как самостоятельного вида топлива, так и в смеси с обычным дизельным топливом.

Нейтрализаторы выхлопных газов. Отработанные газы автомашин можно обезвреживать с помощью специальных устройств в системе выпуска двигателя автомобиля, называемых нейтрализаторами. Устройство для обезвреживания отработанных газов методом каталитического воздействия получило название каталитического нейтрализатора. Пламенный нейтрализатор -

устройство для обезвреживания отработанных газов двигателя автомобиля дожиганием в открытом пламени. Термический нейтрализатор - термоаккумулирующее устройство для нейтрализации отработанных газов автомобиля методом беспламенного окисления. Жидкостный нейтрализатор - устройство для обезвреживания отработанных газов автомобиля с помощью химического связывания жидкими реагентами.

В настоящее время наибольшее распространение получили каталитические нейтрализаторы, в которых используются платина, палладий. Эти металлы позволяют существенно снизить порог энергии, при котором начинаются окислительно-восстановительные реакции. Проходя через поры нейтрализатора, СО превращается в малотоксичный CO_2 , а оксиды азота восстанавливаются до безвредного N_2 .

В нашей стране в 1979 г. на городские трассы вышли первые «Волги», оборудованные необычной «ловушкой для дыма» - каталитическими нейтрализаторами, которые резко снижают токсичность выхлопных газов автомобиля. Эффект от использования нейтрализаторов внушительный: при оптимальном режиме выброс в атмосферу оксида углерода уменьшается на 70-80 %, а углеводородов - на 50-70 %.

Совершенствование двигателей внутреннего сгорания. Чтобы уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу, ученые многих стран стремятся улучшить конструкции существующих, двигателей серийного производства. Так, в 1959 году в США запатентован карбюратор с отдельным смесеобразованием, конструкция которого позволяет кроме обычной смеси получать обогащенную смесь. Эта смесь подается в специальную предкамеру со свечой зажигания. В двигателе, оборудованном таким карбюратором, происходит полное сгорание рабочей смеси, что обеспечивает минимальное содержание в отработанных газах оксида углерода и углеводородов. Поскольку средняя температура в камере сгорания понижается, резко уменьшается и выброс оксидов азота.

В 1979 году все автомобили, сходящие с ВАЗа (Волжский автозавод), начали оснащать карбюраторами «Озон», которые обеспечивали нормы токсичности выхлопных газов. На базе «Озона» были созданы экономичные карбюраторы для Москвичей, ГАЗов, УАЗов. На производственном объединении «ГАЗ» разработана новая система воспламенения рабочей смеси. Эта система - форкамерное

зажигание - разработана отечественными специалистами, а способ зажигания называется процессом лавинной активации горения. В основную камеру сгорания бензино-воздушной смеси выбрасывается из вспомогательной форкамеры факел химически активных продуктов неполного сгорания этой смеси. Форкамерный двигатель благодаря большой мощности обеспечивает высокую экономичность в потреблении топлива и исключительно низкую токсичность отработанных газов. В настоящее время все автомобили, сходящие с конвейеров АВТОВАЗа, оснащаются системой электронного впрыскивания топлива, которая совместно с каталитическим нейтрализатором позволяет обеспечить соблюдение норм.

Порядок выполнения работы

Студенты определяют число единиц автотранспорта (по типам), проходящего на заданном участке автомагистрали за один час. Для этого на заданном участке автомагистрали в течение 20 мин фиксируются все проехавшие автомашины. Результаты подсчетов записываются в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты подсчетов

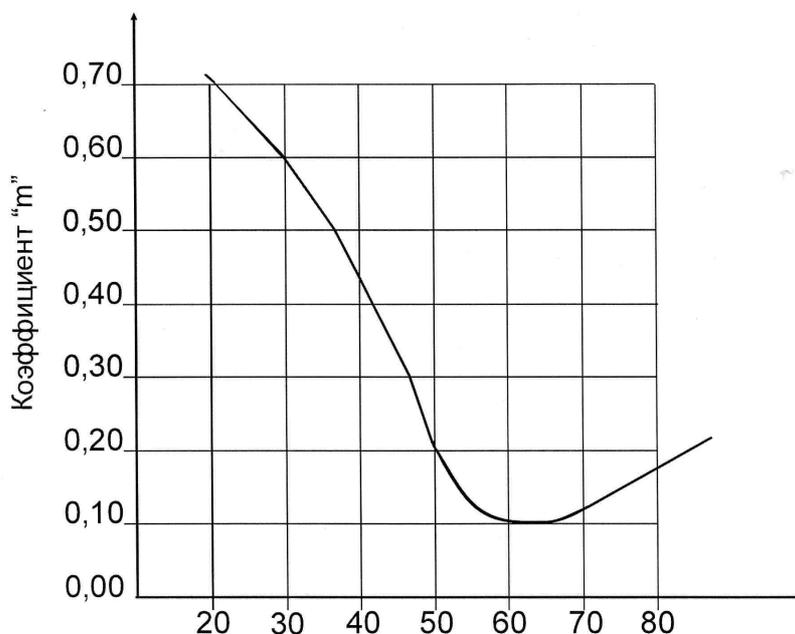
№ п/п	Тип автомобиля	Интенсивность движения, авт.	
		за 20 мин	за 1 ч
1	Легковые автомобили		
2	Малые грузовые автомобили бензиновые (до 5 т)		
3	Грузовые автомобили бензиновые (6 т и более)		
4	Грузовые автомобили дизельные		
5	Автобусы бензиновые		
6	Автобусы дизельные		

Затем с использованием полученных данных выполняются расчеты загрязнения атмосферного воздуха выбросами вредных веществ с отработанными автомобильными газами.

Методика расчета загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом

Методика расчета основана на поэтапном определении эмиссии (выбросов) токсичных веществ (оксида углерода - CO, углеводородов - C_nH_m , оксидов азота - NO_x) с отработавшими газами автомобильного транспорта, концентрации загрязнения воздуха этими веществами на различном удалении от дороги и сравнении полученных данных с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) данных веществ в воздушной среде.

При расчете выбросов учитываются различные типы автотранспортных средств и конкретные дорожные условия.



Средняя скорость транспортного потока, км/ч.

Рисунок 2.1 - Зависимость величины коэффициента «m», учитывающего дорожные и автотранспортные условия движения, от средней скорости транспортного потока

В качестве расчетной принимается интенсивность движения различных типов автомобилей в смешанном потоке, которая определяется студентом или группой студентов на заданном участке автомагистрали.

Мощность эмиссии CO, C_nH_m , NO_x в отработавших газах

отдельно для каждого газообразного вещества определяется по формуле:

$$q = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot m \left[\left(\sum_1^i G_{ik} \cdot N_{ik} \cdot K_k \right) + \left(\sum_1^i G_{id} \cdot N_{id} \cdot K_d \right) \right], \quad (2.1)$$

где q - мощность эмиссии данного вида загрязнений от транспортного потока на конкретном участке дороги, г/м·с;

$2,06 \cdot 10^{-4}$ - коэффициент перехода к принятым единицам измерения; m - коэффициент, учитывающий дорожные и автотранспортные условия, принимается по графику (рис. 2.1) в зависимости от средней скорости транспортного потока;

G_{ik} - средний эксплуатационный расход топлива для данного типа (марки) карбюраторных автомобилей, л/км; для оценочных расчетов может быть принят по средним эксплуатационным нормам с учетом условий движения, которые приведены в таблице 2.3;

G_{id} - то же для дизельных автомобилей, л/км;

N_{ik} - интенсивность движения каждого выделенного типа карбюраторных автомобилей, авт./час (табл. 2.2);

N_{id} - то же для дизельных автомобилей, авт./час;

K_k и K_d - коэффициенты, принимаемые для данного компонента загрязнения для карбюраторных и дизельных типов двигателей соответственно по таблице 2.4.

При расчете рассеяния выбросов от автотранспорта и определения концентрации токсичных веществ на различном удалении от дороги используется модель Гауссового распределения примесей в атмосфере на небольших высотах.

Таблица 2.3- Средние эксплуатационные нормы расхода топлива на 1 км пути в литрах

Тип автомобиля	Средний эксплуатационный расход топлива, л/км
Легковые автомобили	0,11
Малые грузовые автомобили бензиновые (до 5 т)	0,16
Грузовые автомобили бензиновые (6 т и более)	0,33
Грузовые автомобили дизельные	0,34
Автобусы бензиновые	0,37
Автобусы дизельные	0,28

Таблица 2.4 - Значения коэффициентов K_k и K_d

Вид выбросов	Тип двигателя	
	бензиновый	дизельный
Оксид углерода (CO)	0,6	0,14
Углеводороды (C_nH_m)	0,12	0,037
Оксиды азота (NOx)	0,06	0,015

Концентрация загрязнений атмосферного воздуха окисью углерода, углеводородами, окислами азота вдоль автомобильной дороги определяется по формуле:

$$C = \frac{2q}{\sqrt{2\pi} + \sigma \cdot V \cdot \sin \varphi} + F, \quad (2.2)$$

где C - концентрация данного вида загрязнения в воздухе, г/м³;
 σ - стандартное отклонение Гауссова рассеивания в вертикальном направлении, м; принимается по таблице 2.5;
 V - скорость ветра, преобладающего в расчетный месяц летнего периода, м/с;
 φ - угол, составляемый направлением ветра к трассе дороги. При угле от 90° до 30° скорость ветра следует умножить на синус угла, при угле менее 30° - коэффициент 0,5;

F - фоновая концентрация загрязнения воздуха, г/м³.

Таблица 2.5 - Значения стандартного Гауссового отклонения при удалении от кромки проезжей части

Приходящая солнечная радиация	Значения стандартного Гауссового отклонения σ при удалении от кромки проезжей части, в метрах								
	10	20	40	60	80	100	150	200	250
Сильная	2	4	6	8	10	13	19	24	30
Слабая	1	2	4	6	8	10	14	18	22

Примечание: сильная солнечная радиация соответствует ясной солнечной погоде, слабая - пасмурной (в т. ч. дождливой). Величина должна приниматься в расчетный период наибольшей интенсивности движения (летний период). Уровень солнечной радиации принимается в зависимости от того, какая погода превалирует в расчетный месяц.

Результаты расчета по формуле (2.2) сопоставляются с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), установленными органами Министерства здравоохранения с учетом класса опасности для токсичных составляющих отработавших газов тепловых двигателей в воздухе населенных мест; они приведены в таблице 2.6.

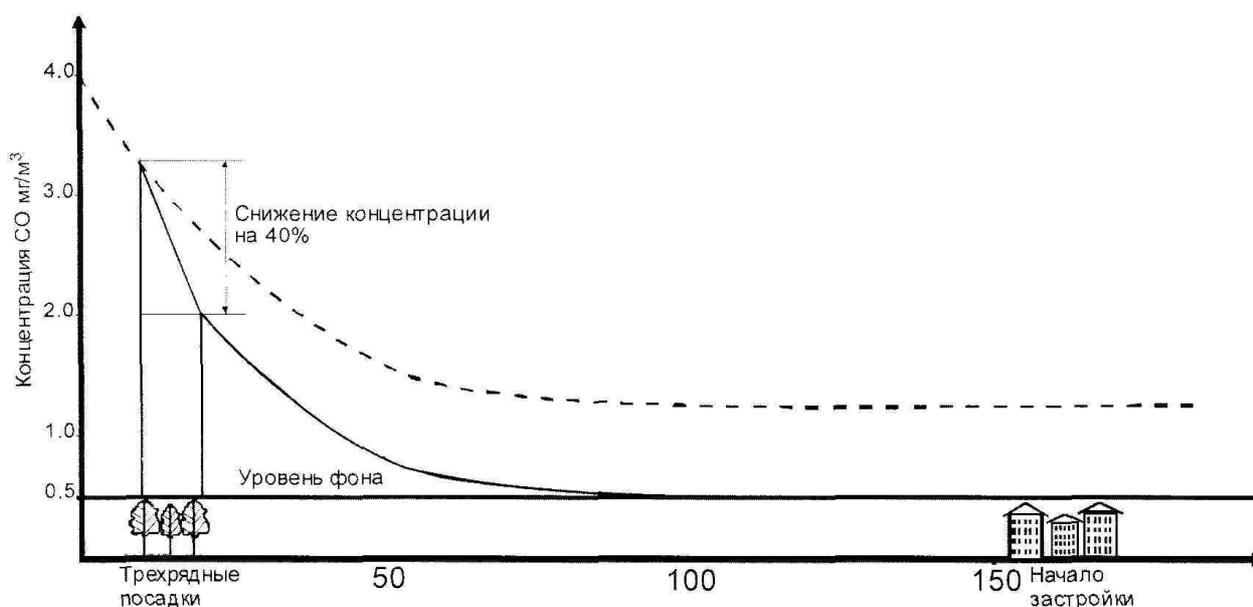


Рисунок 2.2 - Снижение концентрации CO за счет устройства трехрядных посадок деревьев

По полученным результатам строится график загрязнения отработавшими газами придорожной зоны. Пример графика приведен на рисунке 2.2.

Таблица 2.6 - Предельно допустимая концентрация токсичных составляющих отработавших газов в воздухе населенных мест, мг/м³

Вид вещества	Класс опасности	Среднесуточные предельно допустимые концентрации, мг/м ³
Оксид углерода (CO)	4	3,0
Углеводороды (C _n H _m)	3	1,5
Оксиды азота (NO _x)	2	0,04

Для уменьшения ширины распространения загрязнения следует предусматривать защитные зеленые насаждения, экраны, защитные валы, прокладку автомобильной дороги в выемке. Снижение концентрации загрязнений защитными сооружениями в процентах к величине концентрации приведено в таблице 2.7.

Таблица 2.7 - Снижение концентрации загрязнений различными типами защитных сооружений и зеленых насаждений

Мероприятие	Снижение концентрации, %
1. Один ряд деревьев с кустарником высотой до 1,5 м на полосе газона 3-4 м	10
2. Два ряда деревьев без кустарника на газоне 8-10 м	15
3. Два ряда деревьев с кустарником на газоне 10-12 м	30
4. Три ряда деревьев с двумя рядами кустарника на полосе газона 15-20 м	40
5. Четыре ряда деревьев с кустарником высотой 1,5 м на полосе газона 25-30 м	50
6. Сплошные экраны, стены зданий высотой более 5 м от уровня проезжей части	70
7. Земляные насыпи, откосы при проложении дороги в выемке при разности отметок от 2 до 3 м	50
8. То же, 3-5 м	60
9. То же, более 5 м	70

Выбор защитных мероприятий следует осуществлять на основе сравнения следующих основных вариантов:

- изменение параметров дороги, направленное на повышение средней скорости транспортного потока;
- ограничение движения отдельных типов автомобилей полностью или в отдельные интервалы времени;
- усиление контроля за движением автомобилей с неотрегулированными двигателями по участку, чувствительному к загрязнению воздушной среды, в целях минимизации токсичных выбросов;
- устройство защитных сооружений.

Пример расчета загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом

Определить концентрацию загрязнения атмосферного воздуха CO, C_nH_m, NO_x на различном расстоянии от автомобильной дороги на расчетном поперечнике.

Исходные данные:

Автомобильная дорога III категории; интенсивность движения - N=190 авт./ч. Данные по составу транспортного потока представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 - Состав транспортного потока

Тип автомобилей	Содержание в потоке, %	Интенсивность, авт./час	Средний эксплуатационный расход топлива, л/км
Легковые	40	75	0,11
Малые грузовые бензиновые	5	10	0,16
Грузовые бензиновые	30	60	0,33
Грузовые дизельные	20	35	0,34
Автобусы бензиновые	5	10	0,37

Средняя скорость потока движения - 60 км/ч, т. е. по рисунку 2.1 $m = 0,10$. Скорость господствующего ветра - 3 м/с. Угол направления ветра к оси трассы - 300.

Автомобильная дорога на рассматриваемом участке проходит в границах населенного пункта; застройка находится на расстоянии 20 м от кромки проезжей части дороги.

Данные по фоновой концентрации отсутствуют.

Решение:

1. По формуле (2.1) определяется удельная эмиссия загрязняющих веществ по компонентам:

Для оксида углерода:

$$q_{CO} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot (0,11 \cdot 75 \cdot 0,6 + 0,16 \cdot 10 \cdot 0,6 + 0,33 \cdot 60 \cdot 0,6 + 0,34 \cdot 35 \cdot 0,14 + 0,37 \cdot 10 \cdot 0,6) = 0,0004 \text{ г/м}\cdot\text{с}.$$

Для углеводородов:

$$q_{C_{nH_m}} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot (0,11 \cdot 75 \cdot 0,12 + 0,16 \cdot 10 \cdot 0,12 + 0,33 \cdot 60 \cdot 0,12 + 0,34 \cdot 35 \cdot 0,037 + 0,37 \cdot 10 \cdot 0,12) = 0,00009 \text{ г/м}\cdot\text{с}.$$

Для оксидов азота:

$$q_{NO_x} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot (0,11 \cdot 75 \cdot 0,06 + 0,16 \cdot 10 \cdot 0,06 + 0,33 \cdot 60 \cdot 0,06 + 0,34 \cdot 35 \cdot 0,015 + 0,37 \cdot 10 \cdot 0,06) = 0,0000448 \text{ г/м}\cdot\text{с}.$$

2. По формуле (2.2) определяется концентрация загрязнений атмосферного воздуха различными компонентами в зависимости от расстояния от дороги. На расстоянии 20 м от кромки проезжей части, где в данном примере принята граница застройки, концентрация загрязнения составит:

Для оксида углерода:

$$C_{CO}^{20} = \frac{2 \cdot 0,0004}{\sqrt{2\pi} \cdot V \cdot \sin \varphi} = \frac{0,0008}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5}} = 0,00011 \text{ г/м}^3, \text{ или } 0,11 \text{ мг/м}^3.$$

Для углеводородов:

$$C_{C_nH_m}^{20} = \frac{2 \cdot 0,00009}{\sqrt{2\pi} \cdot V \cdot \sin \varphi} = \frac{0,00018}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5}} = 0,000024 \text{ г/м}^3, \text{ или } 0,024 \text{ мг/м}^3.$$

Для оксидов азота:

$$C_{NO_x}^{20} = \frac{2 \cdot 0,0000448}{\sqrt{2\pi} \cdot V \cdot \sin \varphi} = \frac{0,0000896}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5}} = 0,00001119 \text{ г/м}^3, \text{ или } 0,011 \text{ мг/м}^3.$$

Аналогично определяется концентрация и для других расстояний. Результаты расчетов приводятся в таблице 2.9.

Таблица 2.9 -Зависимость концентрации загрязнений от расстояния от проезжей части

Вид выбросов	Концентрация загрязнений в атмосфере на расстоянии в метрах от кромки проезжей части дороги, мг/м ³					
	20	40	60	80	100	150
Оксид углерода (CO)	0,11	0,055	0,037	0,0275	0,022	0,016
Углеводороды (C _n H _m)	0,024	0,012	0,008	0,006	0,0048	0,0034
Оксиды азота (NO _x)	0,011	0,006	0,004	0,003	0,0022	0,0016

По результатам расчетов строится график распространения загрязнений в зависимости от расстояния от дороги.

Вывод: результаты расчетов показывают, что величина транспортного воздействия на атмосферный воздух не превышает предельно допустимых концентраций, приведенных в таблице 2.7.

Требования к отчету

Результаты практической работы должны быть оформлены в виде отчета, в котором должны быть изложены:

- наименование работы;
- цель работы;
- название улицы, на которой находится изучаемая автомобильная

трасса;

- результаты наблюдений и расчетов;
- график распространения загрязнений в зависимости от расстояния от дороги.
- вывод об экологической обстановке в районе исследованного участка автомобильной трассы.

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры передвижных источников вредных выбросов в атмосферу.
2. Какие вредные вещества содержатся в выхлопных газах автомобильного транспорта?
3. В какие периоды движения автомобиля в его выхлопных газах содержится наибольшее и наименьшее количество вредных примесей?
4. Дайте понятие токсичности выбросов автомобильного транспорта.
5. Назовите мероприятия, внедрение которых приводит к уменьшению вреда, наносимого атмосфере автомобильным транспортом.
6. В чем сущность градостроительных мероприятий, направленных на защиту атмосферного воздуха от вредных выбросов автомобильного транспорта?
7. Роль организации движения городского транспорта в защите атмосферного воздуха от вредных выбросов автомобильного транспорта.
8. Почему электрический транспорт меньше загрязняет атмосферный воздух, чем автотранспорт, работающий на бензине или на солярке?
9. Почему устанавливаются нормы на содержание вредных веществ в отработанных газах автомобилей и двигателей?
10. Каким образом присадки к бензину способствуют снижению токсичности отработанных газов автомобилей и двигателей?
11. Какие виды нейтрализаторов выхлопных газов Вы знаете?
12. В чем преимущества использования сжатого и сжиженного газа в качестве топлива для автомобилей по сравнению с бензином?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

(2 часа)

Цель и содержание работы

Ознакомление с методами и приборами контроля параметров воздушной среды. Изучить методы и приборы для контроля параметров воздушной среды.

Теоретические положения

Для того чтобы обеспечить безопасную для жизни и здоровья производственную среду, не наносить вред окружающей среде, необходимо осуществлять контроль над загрязнением. С этой целью разработан целый ряд нормативных документов и критериев. Для предупреждения отравлений и профессиональных заболеваний вводится контроль, в основе которого положены величины предельно допустимых концентраций (ПДК).

Под предельно допустимой концентрацией веществ в воздухе рабочей зоны понимаются концентрации, которые при ежедневной работе в течение 8 часов, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.005-88).

По ГОСТу 12.1.007 – 76 (ССБТ), по степени воздействия на организм человека, вредные вещества разделяются на четыре класса опасности. Первый класс – вещества чрезвычайно опасные. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны должна быть менее $0,1 \text{ мг/м}^3$. Второй класс – вещества высокоопасные, ПДК равна от $0,1$ до $1,0 \text{ мг/м}^3$. Третий класс – вещества умеренно опасные, ПДК равна $1,1$ – $10,0 \text{ мг/м}^3$. Четвертый класс – вещества малоопасные, ПДК более $10,0 \text{ мг/м}^3$. В каждом классе вещества обладают различной токсичностью, поэтому в ГОСТ 12.1.005-88 определены ПДК для 646 веществ и 57 аэрозолей рабочих зон (703). Кроме того, согласно СНиП Ш-4-80, приведены величины ПДК для веществ, широко применяемых в строительной практике.

Для гигиенической оценки воздуха необходимо отобрать пробы, определить содержание вредных веществ и сравнить с предельно допустимой концентрацией.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ (ГОСТ 12.1.005 – 88) однонаправленного действия допустимыми для проектирования и санитарного надзора считаются такие концентрации вредных веществ, которые отвечают уравнению:

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

т.е. сумма отношений фактических концентраций веществ ($C_1; C_2; \dots; C_n$) в воздухе к их предельно допустимым концентрациям ($ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_3$) не должна превышать единицы.

К веществам однонаправленного воздействия относятся вещества, которые близки по химическому составу и характеру воздействия на организм.

Примерами веществ однонаправленного действия являются:

- а) различные хлорированные углеводороды (предельные и непредельные);
- б) различные бромированные углеводороды (предельные и непредельные);
- в) различные спирты;
- г) различные щелочи;
- д) различные кислоты;
- е) различные ароматические углеводороды (толуол, ксилол, бензол);
- ж) различные аминосоединения;
- з) различные нитросоединения.

При одновременном содержании в воздухе нескольких вредных веществ, которые не проявляют однонаправленного действия ПДК остается таким же, как и при изолированном воздействии каждого вещества. В таблице 3.1 проведены концентрации некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Таблица 3.1 - ПДК некоторых вредных веществ
в воздухе рабочей зоны

№ п/п	Название вещества	ПДК, мг/м ³	Класс опас- ности	Агрегат- ное состоя- ние	Особен- ности действия
1	Азота оксиды	5	3	П	О
2	Алюминий	2	3	А	Ф
3	Аммиак	20	4	П	
4	Ангидрид серный	1	2	А	
5	Ацетон	200	4	П	
6	Бензин (топливный)	100	4	П	К
7	Бензин (растворитель)	300	4	П	
8	Газ	300	4	П	
9	Дибутилфталат	0,5	2	п+а	
10	Кислота серная +	1	2	А	
11	Кислота уксусная +	5	3	П	
12	Щелочи едкие +	0,5	2	А	
13	Масла минеральные нефтяные +	5	3	А	
14	Никель	0,05	1	А	К, А
15	Озон	0,1	1	П	О
16	Оксид углерода	20	4	П	
17	Пыль: мучная, бумажная, шерстяная, пуховая, льняная асбестовая, цементная, апатитная	6	4	а	А, Ф
		2	4	а	А, Ф
		2	3	а	Ф, К
		6	4	а	Ф
18	Ртуть металлическая	0,01/0,0 5	1	П	
19	Свинец	0,01/0,0 5	1	А	
20	Спирт метиловый	5	3	П	
21	Спирт этиловый	1000	4	П	
22	Уайт-спирит	300	4	П	
23	Фенол	0,3	2	п	О
24	Хлор +	1	2	п	

Примечание : п – пар; а - аэрозоли; п +а – смесь паров и аэрозолей; О – остронаправленное действие; А – аллергическое действие; Ф – фиброгенное действие; ПДК 0,01/0,05 – максимальная разовая ПДК (числитель), среднемесячная ПДК (знаменатель).

В государственных стандартах приведено более 700 веществ, для которых установлено ПДК. Риск последствий (R), обуславливающих возникновение профессиональных заболеваний, является присутствие в рабочей зоне токсических веществ, концентрация которых превышает ПДК, т.е. $R \geq \text{ПДК}$. Риск последствий при остром отравлении вредными отравляющими веществами и сильнодействующими, ядовитыми веществами (СДЯВ) является токсическая доза (Д, г·мин/м³). При ингаляции токсическая доза равна концентрации вещества в воздухе ($C_{\text{ф}}$; г/м³) на время воздействия (t, мин): $D_{\text{г}} = C_{\text{ф}} \cdot t$. При воздействии вещества на кожу, через желудочно-кишечный тракт, при попадании в кровь величина токсодозы (мг/кг) определяется количеством отравляющих веществ (к; мг) на килограмм живой массы (m; кг):

$$D_{\text{г}} = k \cdot m$$

Для контроля концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны (рабочих мест) используют экспресс-методы; лабораторные методы; методы непрерывного контроля.

Пары и газы могут быть причинами крупных аварий и взрывов. Основную опасность представляет взрыв горючих газов, скопившихся в изолированном пространстве. Горение в смесях горючих газов или паров с воздухом способно распространяться в определенных соотношениях, называемых концентрационными пределами воспламенения (взрыва).

Минимальную и максимальную концентрацию газов и паров в воздухе, способных воспламеняться, называют нижним и верхним концентрационными пределами воспламенения (взрыва). Физический смысл нижнего концентрационного предела заключается в том, что если в воздухе, при появлении источника воспламенения, концентрация паров и газов достаточна для химического процесса, то происходит его развитие и, как следствие, взрыв при горении. При более низких концентрациях горючих газов не хватает вещества или веществ для поддержания процесса горения и взрыв не происходит. При больших концентрациях больше верхнего концентрационного предела процесс горения (взрыва) не происходит, т.к. не хватает кислорода на развитие процесса.

Если на рабочем месте в помещении содержание газов в воздухе ниже нижнего предела, то при участии пыли, повышении температуры или мощности источника этот предел может снижаться. А при больших концентрациях, выше верхнего предела воспламенения, при выходе из замкнутого объема, и обогащении кислородом – способны гореть.

Концентрации, которые находятся между верхним и нижним концентрационными пределами, называются взрывоопасными. Концентрационные пределы воспламенения определяются в лабораторных условиях. ССБТ и ГОСТ 12.1.004 – 91 даны нижние пределы воспламенения газов, паров, веществ и их продуктов. Нижний (верхний) концентрационный предел воспламенения ($C_{Нt}$) газа или пара в воздухе при атмосферном давлении и температуре газо-воздушной системы равен:

$$C_{Нt} = C_H \times (1,020 - 0,000799t),$$

где C_H – нижний концентрационный предел воспламенения газа или пара в воздухе при атмосферном давлении и температуре 20°C ;
 t – температура пара или газа, К.

Согласно ССБТ и ГОСТ 12.1.010 – 76 производственные процессы должны осуществляться так, чтобы вероятность возникновения взрыва на любом участке работ не превышала 10^{-6} . Поэтому предельно допустимая взрывобезопасная концентрация (ПДВК) при степени надежности невоспламеняемости смеси, равной 0,999999, определяется по формуле:

$$\text{ПДВК} = C_{Н1} \cdot t / K''_{\sigma 3},$$

где $K''_{\sigma 3}$ – коэффициент безопасности к нижнему концентрационному пределу воспламенения.

Значения $C_{Н1}$ приведены для веществ (табл. 3.1), продуктов и смесей (табл. 3.2) в ГОСТ 12.1.004 – 91. Обычно для вычисления нижнего и верхнего пределов воспламенения смеси горючих газов или паров в воздухе применяется формула Ле-Шателье:

$$C_H = 100 / (C_1 / C_{H1}^1 + C_2 / C_{H2}^2 + \dots + C_n / C_{Hn}^n),$$

где C_n – нижний концентрационный предел воспламенения смеси нескольких горючих компонентов в объемных процентах: C_1 ; C_2 ; C_n ; концентрация горючих компонентов в объемных процентах, причем $C_1 + C_2 + \dots + C_n = 100\%$;
 C_n^1 , C_n^2 , C_n^n - нижние пределы воспламенения горючих компонентов смеси в объемных процентах.

По этой же формуле вычисляются и верхние концентрационные пределы. В практике широкое распространение получили как объемные, так и весовые проценты. Пересчет мг/л в объемные проценты производится по следующей формуле:

$$1 \text{ мг/л} = 831,396 T / M \cdot P,$$

где T – абсолютная температура, К;

M – молекулярный вес;

P – атмосферное давление, Па.

Для пересчета объемных % в весовые $1 \text{ об \%} = M \cdot P / 831,396 T$.

Находим, что один мг/л при данных условиях равен $1 \text{ мг/л} = 831,396 \cdot 298 / 50,99991,5 = 0,5$. Соответственно $3 \text{ мг/л} = 0,15\%$.

Один объемный процент при данных условиях равен

$$1 \% \text{ об} = 50,99991,5 / 831,396 \cdot 298 = 20,2 \text{ мг/л.}$$

Следовательно, в $3\% = 60,6 \text{ мг/л}$.

Для того чтобы рассчитать верхние (ВПК) и нижние пределы (НПК) воспламенения смесей газов и паров воздуха, необходимо определить, какие газы и пары входят в состав атмосферы цеха, участка. Если результаты показывают, что концентрация горючих газов и паров лежит между верхним и нижним пределом, то такие концентрации считаются взрывоопасными или выше санитарных норм (ПДК), и необходимо немедленно принимать меры профилактики.

Проведение работы

1. Пользуясь учебным пособием «Средства контроля токсичности воздушной среды и отработавших газов», изучить газоанализаторы, предназначенные для контроля окружающей среды:

- портативные газоанализаторы;
- стационарные газоанализаторы;
- газоанализаторы-сигнализаторы.

2. Результаты изучения свести в таблицу.

Таблица 3.2 - Характеристика газоанализаторов

Марка	Измеряемые компоненты	Характеристика, принцип работы

Требования к отчету

Отчет должен содержать название работы, цель, задачи, виды портативных, стационарных газоанализаторов и газоанализаторов-сигнализаторов для определения содержания токсичных компонентов в воздухе рабочей зоны и их основные характеристики, выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. С какой целью нужно контролировать состав воздуха в рабочей зоне?
2. Назовите газоанализаторы для определения оксидов азота в воздухе рабочей зоны.
3. Назовите газоанализаторы для определения суммарных углеводородов в воздухе рабочей зоны.
4. Назовите газоанализаторы для определения оксида углерода в воздухе рабочей зоны.
5. Назовите газоанализаторы для определения диоксида углерода в воздухе рабочей зоны.
6. Назовите газоанализаторы-сигнализаторы для определения содержания токсичных компонентов в воздухе рабочей зоны.
7. Опишите принцип работы этих газоанализаторов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ (РАСЧЕТ) ДОПУСТИМОСТИ СБРОСА
СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ В ВОДОЕМ
(2 часа)

Цель и содержание работы

Работа предназначена для ознакомления студентов с нормированием деятельности промышленных предприятий, связанной со сбросом сточных вод в поверхностные водоемы. Сточные воды промышленных предприятий после их полной или частичной очистки содержат остаточные количества нерастворенных и растворенных загрязнений. В случае неэффективной работы очистных сооружений или же при их отсутствии загрязнения, попадающие в водоем со сточными водами, могут сделать воду этого водоема непригодной для различных целей водопользования и в первую очередь для питьевого и хозяйственно-бытового использования. Для сохранения качества воды поверхностных водоемов разработаны расчетные методы определения соответствия условий сброса сточных вод в водоем санитарным нормам.

Студенты по нижеприведенной методике определяют, до какой степени следует очищать, обезвреживать или обеззараживать сточные воды, чтобы на подходе к первым пунктам водопользования степень загрязнения воды не нарушала нормальные условия водопользования и не угрожала здоровью населения.

Теоретические положения

Загрязнение воды в водных объектах

Водоемы и водотоки (водные объекты) считаются загрязненными, если показатели состава и свойств воды в них изменились под прямым или косвенным влиянием производственной деятельности и стали частично или полностью непригодными для одного из видов водопользования.

Критерием загрязненности воды является ухудшение ее качества вследствие изменения ее органолептических свойств (цвета, запаха) и появления веществ, вредных для человека, животных, птиц,

кормовых и промысловых организмов, а также повышение температуры воды, изменяющее условия для нормальной жизнедеятельности организмов. Качество воды оценивается показателями, характеризующими содержание в ней вредных веществ.

Основное нормативное требование к качеству воды в водных объектах – соблюдение установленных экологических стандартов, оценивающих состояние окружающей среды. Экологическими стандартами, оценивающими санитарное состояние водных объектов, являются предельно допустимые концентрации примесей (ПДК) в воде.

ПДК примеси (вредного вещества) в воде водного объекта – это такой нормативный показатель, который исключает неблагоприятное влияние на организм человека и возможность ограничения или нарушения нормальных условий хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и других видов водопользования. Иными словами, ПДК – это такая концентрация, при превышении которой вода становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования.

Нормативы качества воды для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения

Нормативы состава и свойств воды водных объектов, которые должны быть обеспечены при спуске в них сточных вод, устанавливаются применительно к отдельным категориям водопользования у мест расположения ближайших к выпуску сточных вод пунктов водопользования.

Водопользование различают двух категорий:

- к первой категории относится использование водного объекта в качестве источника централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также водоснабжения предприятий пищевой промышленности;

- ко второй категории относится использование водного объекта для купания, спорта и отдыха населения, а также использование водных объектов, находящихся в черте населенных мест.

Ближайшие к месту выпуска сточных вод пункты водопользования первой и второй категории определяются органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы с обязательным учетом официальных данных о перспективах

использования водного объекта для питьевого водоснабжения и культурно-бытовых нужд населения.

Состав и свойства водных объектов должны соответствовать нормативам (не превышать ПДК) в створе, расположенном на водотоках в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т.д.), а на непроточных водоемах и водохранилищах – в одном километре в обе стороны от пункта водопользования.

Производственные ограничения на сброс сточных вод в водные объекты

Независимо от нормативных требований к качеству воды в водном объекте существуют производственные ограничения на сброс сточных вод, которые предприятия обязаны неукоснительно выполнять.

Запрещается сбрасывать в водные объекты сточные воды:

- которые могут быть устранены путем рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного водоснабжения или устройствами бессточных производств;
- содержащие ценные отходы, которые могут быть утилизированы на данном или другом предприятии;
- содержащие производственное сырье, реагенты, полупродукты и конечные продукты производства в количествах, превышающих установленные нормативы технологических потерь;
- содержащие вещества, для которых не установлены предельно допустимые концентрации;
- которые с учетом их состава и местных условий могут быть использованы для орошения в сельском хозяйстве при соблюдении санитарных требований.

Особенно недопустим сброс в водные объекты кубовых остатков и технологических отходов.

Технологические условия сброса сточных вод в водные объекты

Место выпуска сточных вод должно быть расположено ниже по течению реки от границы данного населенного пункта и всех мест его водопользования с учетом возможного обратного течения при нагонных ветрах и при изменении режима ГЭС.

Условия спуска сточных вод в водоемы определяются с учетом:

- степени возможного смешения и разбавления сточных вод с водой водного объекта на пути от места выпуска сточных вод до расчетного (контрольного) створа ближайших пунктов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования;
- качества воды водоемов и водотоков выше места проектируемого сброса сточных вод.

Методика определения соответствия условий сброса сточных вод предприятия санитарным требованиям

Контроль и управление качеством воды в водных объектах предусматривают решение следующих задач:

- проверку достаточной степени разбавления сточных вод, для того чтобы в пункте водопользования примеси рассеивались до неопасных концентраций;
- определение требуемой степени очистки (обеззараживания) сточных вод;
- прогнозирование качества воды на заданную перспективу.

Загрязнение водоема сточными водами может неблагоприятно сказаться:

- на нарушении общего санитарного режима водоема;
- на изменении органолептических свойств водоема.

Соответственно в зависимости от свойств загрязняющих веществ определение степени необходимой очистки сточных вод ведется по каждому показателю состава и свойств воды водоемов.

Основное уравнение смешения сточных вод, сбрасываемых в водоем, с природными водами имеет вид

$$q \cdot C_{cm} + Q \cdot C_p = (q + \gamma \cdot Q) \cdot C_{n.вод}, \quad (4.1)$$

где Q – расход воды в реке, м³/с;

q – расход сточных вод, поступающих в реку, м³/с;

C_{cm} – концентрация загрязнения (данного вредного вещества) в стоке, мг/л;

C_p – концентрация загрязнения (данного вредного вещества) в реке выше сброса в нее сточных вод (фоновая концентрация), мг/л;

$C_{n.вод}$ – концентрация загрязнения (данного вредного вещества) в реке перед расчетным пунктом водопользования (в общем случае в 1 км выше по течению реки), мг/л;

γ – коэффициент смешения, показывающий, какая часть расхода воды в водоеме смешивается со сточными водами в расчетном створе.

Величина q определяется хозяйственной или проектной организацией на основе замеров или технологических расчетов.

Величина Q определяется проектной организацией на основе специальных местных гидрологических изысканий или данных гидрометеорологической службы. Величина C_p определяется на основе специально организуемых исследований.

Проверка достаточной степени разбавления

Решая уравнение (4.1) относительно $C_{n.вод}$, имеем:

$$C_{n.вод} = \frac{q \cdot C_{cm} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q}. \quad (4.2)$$

Формула (4.2) позволяет прогнозировать санитарное состояние воды при всех заданных параметрах, входящих в нее. Прогноз осуществляется путем сравнения $C_{n.вод}$ с установленной для данного вещества предельно допустимой концентрацией Спдк. Если значение $C_{n.вод}$ меньше $C_{пдк}$, то прогноз благоприятен и разбавления сточных вод достаточно. В противном случае, когда $C_{n.вод} > C_{пдк}$, необходимо принять меры по уменьшению концентрации загрязнения (данного вредного вещества) в реке перед расчетным пунктом водопользования за счет проведения следующих мероприятий:

- уменьшения количества сточных вод, сбрасываемых в водоем;
- снижения концентрации загрязнения в сточных водах за счет их разбавления чистой водой;
- снижения концентрации загрязнения в сточных водах либо за счет дополнительных систем очистки, либо совершенствования технологических процессов.

При поступлении со стоком в водный объект нескольких веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности сумма отношений концентрации каждого из веществ в водном объекте ($C_{1\text{ н.вод}}, C_{2\text{ н.вод}}, \dots, C_{N\text{ н.вод}}$) к соответствующим ПДК не должна превышать единицы:

$$\frac{C_{1\text{ н.вод}}}{C_{1\text{ ПДК}}} + \frac{C_{2\text{ н.вод}}}{C_{2\text{ ПДК}}} + \dots + \frac{C_{N\text{ н.вод}}}{C_{N\text{ ПДК}}} \leq 1. \quad (4.3)$$

Если данное условие не выполняется, то в сточной воде должно быть уменьшено содержание одного или нескольких загрязняющих веществ.

Определение необходимой степени очистки сточных вод от загрязняющего химического вещества

Чтобы определить, до какой степени следует очищать, обезвреживать или обеззараживать сточные воды от загрязняющего химического вещества, чтобы на подходе к первым пунктам водопользования степень загрязнения воды не нарушала нормальные условия водопользования и не угрожала здоровью населения, необходимо определить максимальную концентрацию загрязняющего химического вещества в сточной воде $C_{\text{ПДК}}$, при которой после сброса стока в реку в речной воде не будет превышен допустимый предел загрязнения, т.е. выполняется условие $C_{\text{н.вод}} \leq C_{\text{ПДК}}$. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$C_{\text{ст.пр}} = \frac{\gamma \cdot Q}{q} (C_{\text{ПДК}} - C_p) + C_{\text{ПДК}}, \quad (4.4)$$

где $C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация химического вещества в речной воде.

Величина $C_{\text{пдж}}$ определяется по литературным (справочным) данным или на основе специально организуемых исследований, если такие данные отсутствуют.

Значение максимальной концентрации химического вещества в сточной воде $C_{\text{пдж}}$, при котором не будут превышены допустимые пределы загрязнения воды в реке, определенное расчетом для нового или существующего объекта и положенное в основу проектирования очистных сооружений, приобретает значение контрольной величины на период эксплуатации этих сооружений и кладется в основу лимита, предельно допустимого для данного объекта, сброса в водоем загрязнений.

Необходимая степень очистки сточных вод от данного химического вещества, %, определяется по формуле

$$\Theta = \frac{C_{\text{см}} - C_{\text{см.нр}}}{C_{\text{см}}} \cdot 100. \quad (4.5)$$

Величина коэффициента обеспеченности смешения для проточных (незарегулированных) водоемов определяется по методу Фролова-Родзиллера

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q}\beta}. \quad (4.6)$$

Коэффициент β в уравнении (4.6) определяется по формуле

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}, \quad (4.7)$$

где L – расстояние по фарватеру от места выпуска сточных вод до места ближайшего пункта водопользования;

α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения, который, в свою очередь, определяется по формуле

$$\alpha = \xi \cdot \varphi_3 \sqrt{\frac{E}{q}}, \quad (4.8)$$

где E – коэффициент турбулентной диффузии;

ξ – коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод в водоем. При выпуске у берега он равен 1, при выпуске в стрежень реки он равен 1,5;

φ – коэффициент извилистости реки, он равен отношению расстояния по фарватеру от места выпуска сточных вод до створа ближайшего пункта водопользования (L_ϕ) к расстоянию до того же пункта по прямой (L_Π), т. е.:

$$\varphi = \frac{L_\phi}{L_\Pi}. \quad (4.9)$$

Коэффициент турбулентной диффузии для равнинных рек определяется по формуле

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200}, \quad (4.10)$$

где V_{cp} – средняя скорость течения на участке между выпуском сточных вод и створом пункта водопользования;

H_{cp} – средняя глубина водоема на том же участке.

Определение необходимой степени очистки сточных вод от взвешенных веществ

Санитарные требования ограничивают лишь степень увеличения содержания взвешенных веществ в воде водоемов. Поэтому расчетная формула (4.4) принимает вид

$$C_{ст.пр} = \left(\frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) C_{дооб} + C_p, \quad (4.11)$$

где $C_{дооб}$ – допустимое увеличение содержания взвешенных веществ, принимается равным 0,25 мг/л для водоемов рыбохозяйственного назначения и 0,75 мг/л для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Остальные обозначения прежние.

Определение необходимой степени очистки сточных вод от органических веществ, подвергаемых биохимическому окислению

Вредные вещества, содержащиеся в промышленных сточных водах, способны подвергаться окислению в природных водах, что связано с потреблением растворенного в воде кислорода. Такими веществами являются преимущественно органические соединения. Перерасход кислорода может приводить к его дефициту в воде и явлению эвтрофикации, которое заключается в бурном развитии в водоеме водорослей и другой водной растительности вследствие загрязнения водоема сточными водами, содержащими органические загрязнения и биогенные вещества (азотные, фосфорные и калийные). Зная химический состав и количество примесей в воде, рассчитывают потребность в кислороде на окисление и определяют степень угрозы эвтрофикации, т. е. устанавливают, насколько опасны те или иные стоки, для того, чтобы ограничить их сток. Для этого используют показатель, называемый «биохимическое потребление кислорода» (БПК), обязательно контролируемый санитарными лабораториями предприятий в сточных, природных и оборотных водах.

БПК – количество кислорода, израсходованное в определенный промежуток времени на аэробное биохимическое окисление (разложение) нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде. БПК определяют для различных отрезков времени, например за 5 суток ($БПК_5$), за 20 суток ($БПК_{20}$), а также независимо от времени – на полное окисление органики ($БПК_{полн}$). Размерность БПК в миллиграммах $O_2/л$.

Согласно ГОСТам БПК определяется как количество кислорода, потребляемое при биохимическом окислении содержащихся в воде веществ в аэробных условиях.

Максимально допустимое значение БПК в стоке, сбрасываемом в реку, с учетом биохимического процесса самоочищения воды от органических веществ, уже имеющихся в водоеме выше места выпуска сточных вод, определяют по формуле

$$C_{см.пр} = \frac{\gamma \cdot Q}{q \cdot 10^{-K_{см} \cdot t}} (C_{пр.д} - C_p \cdot 10^{K_p \cdot t}) + \frac{C_{пр.д}}{10^{-K_{см} \cdot t}}, \quad (4.12)$$

где $C_{ст.нр}$ – концентрация органических веществ (в $БПК_{полн}$), которая должна быть достигнута в процессе очистки сточных вод;
 C_p – концентрация органических веществ (в $БПК_{полн}$) в воде водоема до места выпуска сточных вод;
 $C_{нр.д}$ – предельно допустимое содержание органических веществ (в $БПК_{полн}$) в створе ближайшего пункта водопользования;
 $K_{ст}$ и K_p – константы потребления кислорода соответственно органическими веществами сточных вод и воды реки (при спуске в реку бытовых и ряда промышленных сточных вод эти константы могут быть приняты одинаковыми $K_{ст} = K_p = 0,1$);
 t – время продвижения воды водоема вместе с разбавленными в ней сточными водами от места выпуска сточных вод до пункта водопользования (в сутках).

$$t = \frac{L_{cp}}{V_{cp}}. \quad (4.13)$$

Если вычисленная величина $C_{ст.нр}$ (т.е. концентрация сточных вод, при которых выполняются санитарные требования в отношении БПК) окажется меньше, чем БПК сточных вод, намеченных к спуску (или поступающих в водоем), то необходима очистка сточных вод по крайней мере до $C_{ст.нр}$.

Определение необходимой степени очистки сточных вод от веществ, придающих воде цветность и запах

В случае, когда имеются анализы сточных вод с указанием степени разбавления, при которой окраска и запах природных вод исчезают, достаточно сравнения величины разбавления, указанной в анализе, с расчетной величиной разбавления, которое возможно у створа ближайшего пункта водопользования, чтобы решить вопрос необходимости очистки сточных вод в отношении запаха и окраски перед спуском их в водоем.

Расчетная кратность разбавления сточных вод n определяется по формуле

$$n = \frac{\gamma \cdot Q + q}{q}. \quad (4.14)$$

Если вычисленная величина n (разбавление сточных вод, при котором выполняются санитарные требования в отношении окраски и запаха) окажется меньше, чем кратность разбавления, при которой исчезают окраска и запах и которая определена лабораторными исследованиями, то необходимо либо разбавление сточных вод, либо их дополнительная очистка от загрязнений, обуславливающих цветность и запах воды.

Исходные данные для расчетов

В городе К проектируется химический завод. Спуск сточных вод этого предприятия намечается в реку Н ниже границы города. При санитарном обследовании водоема обнаружено, что ниже намеченного спуска сточных вод на расстоянии 5 км находится населенный пункт И, который использует воду реки Н для питьевых и культурно-бытовых целей.

Примечания:

1. Выпуск сточных вод проектируется в стрежень реки, поэтому значение коэффициента ξ в уравнении (4.8) для всех вариантов расчета принимается равным $\xi = 1,5$.

2. Значение коэффициента извилистости реки φ в уравнении (4.8) для всех вариантов расчета принимается равным $\varphi = 1,0$.

3. Константы потребления кислорода соответственно органическими веществами сточных вод и воды реки в уравнении (4.12) для всех вариантов расчета принимаются равными $K_{cm} = K_p = 0,1$.

4. Допустимое количество взвешенных веществ, которое можно добавить на каждый литр воды водоема, для всех вариантов расчетов принимается равным $C_{доб} = 0,75$ мг/л.

Требования к отчету

Результаты практической работы оформляются в виде отчета, в котором должны быть изложены:

- наименование и вариант работы;
- исходные данные для расчетов;
- методика расчетов с результатами вычислений;
- сводная расчетная таблица;
- общее заключение по результатам работы.

Пример расчета

Исходные данные для расчета:

- данные по расходу и составу сточных вод:
 - расход сточной воды $q = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$;
 - окраска жидкости – бурая, исчезает при разведении 1:15;
 - запах сточной жидкости – специфический, исчезает при разведении 1:15;
 - хлоридов – 1000 мг/л, сульфатов – 450 мг/л, свинца – 31 мг/л, бензола – 15,1 мг/л, нитрохлорбензола – 0,51 мг/л, цинка – 6,1 мг/л, взвешенных веществ – 50 мг/л, БПК – 190 мг $\text{O}_2/\text{л}$;
- данные по расходу и составу речной воды выше места выпуска в реку сточных вод:
 - расход воды в реке – 60 $\text{м}^3/\text{с}$;
 - средняя скорость течения – 0,3 м/с;
 - средняя глубина – 1,2 м;
 - хлоридов – 100 мг/л, сульфатов – 45 мг/л, свинца – 0,01 мг/л, бензола – 0,01 мг/л, нитрохлорбензола – 0,001 мг/л, цинка – 0,1 мг/л, взвешенных веществ – 1,5 мг/л, БПК – 1,0 мг $\text{O}_2/\text{л}$.

Определение условий спуска сточных вод завода для химических загрязняющих веществ

Для определения возможности сброса стока в реку необходимо определить концентрацию химических примесей в речной воде у ближайшего пункта водопользования, т.е. у пункта В, и сравнить полученные данные с соответствующими значениями ПДК.

1. Определение коэффициента смешения γ :

1.1. Коэффициент турбулентной диффузии (уравнение 4.10):

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200} = \frac{0,3 \cdot 1,2}{200} = 0,0018.$$

1.2. Коэффициент α (уравнение 4.8):

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \sqrt[3]{\frac{E}{q}} = 1,5 \cdot 1,0 \sqrt[3]{\frac{0,0018}{0,4}} = 0,248,$$

где $\xi=1,5$ при выпуске сточных вод в стрежень реки, а $\varphi = 1,0$.

1.3. Коэффициент β (уравнение 4.7):

$$\alpha \cdot \sqrt[3]{L} = 0,248 \cdot \sqrt[3]{4000} = 3,94.$$

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} = e^{-3,94} = 0,0197,$$

где $L = 4000$ м – расстояние от места выпуска сточных вод до створа, расположенного на 1 км выше по течению реки границы пункта В.

1.4. Коэффициент γ (уравнение 4.6):

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q}\beta} = \frac{1 - 0,0197}{1 + \frac{64}{0,4} \cdot 0,0197} = 0,14.$$

2. Концентрация примесей в речной воде у ближайшего пункта водопользования (уравнение 4.2):

- хлоридов

$$C_{n.вод} = \frac{q \cdot C_{cm} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q} = \frac{0,4 \cdot 1000 + 0,14 \cdot 60 \cdot 100}{0,4 + 0,14 \cdot 60} = 147,6 \text{ мг/л};$$

- сульфатов

$$C_{n.вод} = \frac{q \cdot C_{cm} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q} = \frac{0,4 \cdot 450 + 0,14 \cdot 60 \cdot 45}{0,4 + 0,14 \cdot 60} = 64,4 \text{ мг/л};$$

- свинца

$$C_{n.вод} = \frac{q \cdot C_{cm} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q} = \frac{0,4 \cdot 31 + 0,14 \cdot 60 \cdot 0,1}{0,4 + 0,14 \cdot 60} = 1,4 \text{ мг/л};$$

- бензола

$$C_{n.вод} = \frac{q \cdot C_{cm} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q} = \frac{0,4 \cdot 15,1 + 0,14 \cdot 60 \cdot 0,01}{0,4 + 0,14 \cdot 60} = 6,1 \text{ мг/л};$$

- нитрохлорбензола

$$C_{n.вод} = \frac{q \cdot C_{cm} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q} = \frac{0,4 \cdot 15,1 + 0,14 \cdot 60 \cdot 0,001}{0,4 + 0,14 \cdot 60} = 0,024 \text{ мг/л};$$

- цинка

$$C_{n.вод} = \frac{q \cdot C_{cm} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q} = \frac{0,4 \cdot 6,0 + 0,14 \cdot 60 \cdot 0,1}{0,4 + 0,14 \cdot 60} = 0,37 \text{ мг/л}.$$

Сравнение полученных значений $C_{n.вод}$ со значениями ПДК для соответствующих примесей

Если расчетные значения концентрации примеси в речной воде перед первым пунктом водопользования ($C_{n.вод}$) меньше ПДК этой примеси, то санитарные требования по сбросу данной примеси со стоком в реку выполняются, а дополнительная очистка стока этой примеси не требуется.

Если концентрация $C_{n.вод}$ примеси больше соответствующего ПДК, то санитарные требования к сбросу данной примеси со сточными водами не выполняются и необходима дополнительная очистка стока от этой примеси, а следовательно, должна быть определена необходимая степень очистки.

Определение необходимой степени очистки сточных вод от загрязняющих химических веществ

Определение требуемой степени очистки проводится для тех примесей, концентрация которых в речной воде у ближайшего пункта водопользования превышает ПДК. В рассматриваемом примере такими примесями являются свинец и бензол.

1. Максимально допустимая концентрация примесей в стоке (уравнение 4.4):

- свинца

$$C_{ст.пр} = \frac{\gamma \cdot Q}{q} (C_{ПДК} - C_p) + C_{ПДК} = \frac{0,14 \cdot 60}{0,4} (0,1 - 0,01) + 0,1 = 20,89 \text{ мг/л};$$

- бензола

$$C_{ст.пр} = \frac{\gamma \cdot Q}{q} (C_{ПДК} - C_p) + C_{ПДК} = \frac{0,14 \cdot 60}{0,4} (0,5 - 0,01) + 0,5 = 10,79 \text{ мг/л};$$

2. Необходимая степень очистки сточных вод (уравнение 4.5):

- от свинца

$$\varepsilon = \frac{C_{ст} - C_{ст.пр}}{C_{ст}} \cdot 100 = \frac{31 - 20,89}{31} \cdot 100 = 33\%;$$

- от бензола

$$\varepsilon = \frac{C_{ст} - C_{ст.пр}}{C_{ст}} \cdot 100 = \frac{15,1 - 10,79}{15,1} \cdot 100 = 28\%.$$

Определение условий спуска и необходимой степени очистки сточных вод завода для взвешенных веществ.

Максимальное количество взвешенных веществ, которое может быть сброшено в реку, определяется по уравнению (4.11):

$$C_{ст.пр} = \left(\frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) C_{доб} + C_p = \left(\frac{0,14 \cdot 60}{0,4} + 1 \right) \cdot 0,75 + 1,5 = 18 \text{ мг/л},$$

где $C_{доб} = 0,75$ мг/л – допустимое количество взвешенных веществ, которое можно добавить на каждый литр водоема.

Максимально допустимое содержание в стоке взвешенных веществ $C_{ст.пр} = 18$ мг/л меньше фактического содержания, равного 50 мг/л. Следовательно, сточные воды перед сбросом в реку должны подвергаться очистке от взвешенных веществ. Степень очистки должна составлять:

$$\Theta = \frac{C_{см} - C_{см.пр}}{C_{см}} \cdot 100 = \frac{50 - 18}{50} \cdot 100 = 64\%.$$

Определение условий спуска и необходимой степени очистки сточных вод завода от органических веществ, подвергаемых биохимическому окислению

Для определения возможности сброса в реку органических веществ со сточными водами необходимо определить БПК речной воды у ближайшего пункта водопользования, т.е. у пункта В, и сравнить полученное значение с соответствующим ПДК. Если расчетное значение БПК речной воды больше ПДК, то санитарные требования к сбросу органических веществ со сточными водами не выполняются и необходима дополнительная очистка стока от органических примесей, для чего должна быть определена необходимая степень очистки.

1. Время продвижения воды водоема вместе с разбавленными в ней сточными водами от места выпуска сточных вод до пункта водопользования (уравнение 4.13):

$$t = \frac{L_{cp}}{V_{cp}} = \frac{4000}{0,3 \cdot 3600} \cong 4 \text{ ч, принято равным } 0,17 \text{ сут.}$$

2. Максимальное значение БПК сточных вод (уравнение 4.12):

- значение выражения

$$10^{-K_{см} \cdot t} = 10^{-K_p \cdot t} = 10^{-0,10 \cdot 0,17} = 1,04;$$

- значение БПК

$$C_{cm.np} = \frac{\gamma \cdot Q}{q \cdot 10^{-K_{cm} \cdot t}} (C_{np.\delta} - C_p \cdot 10^{K_p \cdot t}) + \frac{C_{np.\delta}}{10^{-K_{cm} \cdot t}} =$$

$$= \frac{0,14 \cdot 60}{0,4 \cdot 1,04} (6 - 1,6 \cdot 1,04) + \frac{6}{1,04} = 93,22 \text{ мг/л},$$

где константы скорости окисления органических веществ в сточных водах и в речной воде приняты равными $K_{cm} = K_p = 0,1$.

Максимально допустимое БПК сточных вод $C_{cm.np} = 93,22$ мг/л меньше фактического БПК сточных вод, равного 190 мг/л. Следовательно, сточные воды перед сбросом в реку должны подвергаться очистке от органических загрязнений. Степень очистки должна составлять:

$$\Xi = \frac{C_{cm} - C_{cm.np}}{C_{cm}} \cdot 100 = \frac{190 - 93,22}{190} \cdot 100 = 50,9\%.$$

Определение условий спуска и необходимой степени очистки сточных вод для веществ, придающих цветность и запах

Для определения условий спуска в реку со сточными водами веществ, придающих воде цветность и запах, необходимо определить расчетное значение степени разбавления стока речной водой, которое возможно у створа ближайшего пункта водопользования, и сравнить полученное значение с экспериментально определенной степенью разбавления, при которой исчезают окраска и запах природных вод. Если расчетное значение разбавления стока меньше экспериментального, то санитарные требования по сбросу в реку веществ, придающих воде цветность и запах, не выполняются. В этом случае необходима очистка сточных вод от примесей, придающих воде цветность и запах.

Расчетная кратность разбавления сточных вод (уравнение 4.14):

$$n = \frac{\gamma \cdot Q + q}{q} = \frac{0,14 \cdot 60 + 0,4}{0,4} = 22.$$

Таблица 4.1 – Сводная расчетная таблица

Показатели загрязнения	Единицы измерения	Состав и свойства речной воды		Состав и свойства сточных вод		Требуемая степень очистки стоков
		в расчетном створе	ПДК	фактическое значение	максимально допустимое значение	
Хлориды	мг/л	147,6	500	1000	>1000	–
Сульфаты	мг/л	64,4	350	450	>450	–
Свинец	мг/л	1,4	0,1	31	20,89	33,0
Бензол	мг/л	6,1	0,5	15,1	10,79	28,0
Нитрохлорбензол	мг/л	0,024	0,05	0,51	>0,51	–
Цинк	мг/л	0,37	1,0	6,1	>6,1	–
БПК	мг/л		6,0	190	93,22	50,9
Взвешенные вещества	мг/л	–	–	50	18	64,0
Цветность	разбавление		–	1:15	1:22	–
Запах	разбавление		–	1:15	1:22	–

Расчетное значение n (разбавление сточных вод, при которых выполняются санитарные требования в отношении окраски и запаха) больше кратности разбавления сточных вод, равной 1:15, при которой исчезают окраска и запах, определенные лабораторными исследованиями. Следовательно, очистка стока от веществ, придающих воде цветность и запах, не требуется.

Таблица 4.2 - Данные для расчета: расход и состав воды в реке

Номер варианта	Расход воды, м ³ /с	Скорость течения, м/с	Глубина реки, м	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Свинец, мг/л	Бензол, мг/л	Нитро- хлорбензол, мг/л	Цинк, мг/л	Взвешенные вещества, мг/л	БПК, мг/л
1	61	0,31	1,21	100	50	0,010	0,01	0,001	0,10	1,5	1,0
2	62	0,32	1,22	120	60	0,011	0,02	0,002	0,12	2,0	1,2
3	63	0,33	1,23	130	70	0,012	0,03	0,003	0,14	2,5	1,4
4	64	0,34	1,24	140	80	0,013	0,04	0,004	0,16	3,0	1,6
5	65	0,35	1,25	150	90	0,014	0,05	0,005	0,18	3,5	1,8
6	66	0,36	1,26	160	100	0,015	0,06	0,006	0,20	4,0	2,0
7	67	0,37	1,27	170	110	0,016	0,07	0,007	0,22	4,5	2,2
8	68	0,38	1,28	180	120	0,017	0,08	0,008	0,24	5,0	2,4
9	69	0,39	2,29	190	130	0,018	0,09	0,009	0,26	5,5	2,6
10	70	0,40	1,30	200	140	0,019	0,10	0,010	0,28	6,0	2,8
11	71	0,41	1,31	210	150	0,020	0,11	0,011	0,30	6,5	3,0
12	72	0,42	1,32	220	160	0,021	0,12	0,012	0,32	7,0	3,2
13	73	0,43	1,33	230	170	0,022	0,13	0,013	0,34	7,5	3,4
14	74	0,44	1,34	240	180	0,023	0,14	0,014	0,36	8,0	3,6
15	75	0,45	1,35	250	190	0,024	0,15	0,015	0,38	8,5	3,8
16	76	0,46	1,36	260	200	0,025	0,16	0,016	0,40	9,0	4,0
17	77	0,47	1,37	270	210	0,026	0,17	0,017	0,42	9,5	4,2
18	78	0,48	1,38	280	220	0,027	0,18	0,018	0,44	10,0	4,4
19	79	0,49	1,39	290	230	0,028	0,19	0,019	0,46	10,5	4,6
20	80	0,50	1,40	300	240	0,029	0,20	0,020	0,48	11,0	4,8
21	81	0,51	1,41	310	250	0,030	0,21	0,021	0,50	11,5	5,0
22	82	0,52	1,42	320	260	0,031	0,22	0,022	0,52	12,0	5,2
23	83	0,53	1,43	330	270	0,032	0,23	0,023	0,54	12,5	5,4
24	84	0,54	1,44	340	280	0,033	0,24	0,024	0,56	13,0	5,6
25	85	0,55	1,45	350	290	0,034	0,25	0,025	0,58	13,5	5,8

Таблица 4.3 - Данные для расчета:
расход и состав производственных сточных вод

Номер варианта	Расход, м ³ /с	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Свинец, мг/л	Бензол, мг/л	Нитрохлорбензол, мг/л	Цинк, мг/л	БПК, мг/л	Взвешенные вещества, мг/л	Кратность разбавления, при которой исчезает запах	Кратность разбавления, при которой исчезает цветность
1	0,41	1000	500	35	15	0,30	6,0	190	50	10	10
2	0,42	1100	600	36	16	0,35	6,5	200	55	10	10
3	0,43	1200	700	37	17	0,40	7,0	210	60	10	10
4	0,44	1300	800	38	18	0,45	7,5	220	65	10	10
5	0,45	1400	900	39	19	0,50	8,0	230	70	10	10
6	0,46	1500	1000	40	20	0,55	8,5	240	75	11	11
7	0,47	1600	1100	41	21	0,60	9,0	250	80	11	11
8	0,48	1700	1200	42	22	0,65	9,5	260	85	11	11
9	0,49	1800	1300	43	23	0,70	10,0	270	90	11	11
10	0,50	1900	1400	44	24	0,75	10,5	280	95	11	11
11	0,51	2000	1500	45	25	0,80	11,0	290	100	12	12
12	0,52	2100	1600	46	26	0,85	11,5	300	105	12	12
13	0,53	2200	1700	47	27	0,90	12,0	310	110	12	12
14	0,54	2300	1800	48	28	0,95	12,5	320	115	12	12
15	0,55	2400	1900	49	29	1,00	13,0	330	120	12	12
16	0,56	2500	2000	50	30	1,05	13,5	340	125	13	12
17	0,57	2600	2100	51	31	1,10	14,0	350	130	13	13
18	0,58	2700	2200	52	32	1,15	14,5	360	135	13	13
19	0,59	2800	2300	53	33	1,20	15,0	370	140	13	13
20	0,60	2900	2400	54	34	1,25	15,5	380	145	13	13
21	0,61	3000	2500	55	35	1,30	16,0	390	150	14	13
22	0,62	3100	2600	56	36	1,35	16,5	400	155	14	14
23	0,63	3200	2700	57	37	1,40	17,0	410	160	14	14
24	0,64	3300	2800	58	38	1,45	17,5	420	165	14	14
25	0,65	3400	2900	59	39	1,50	18,0	430	170	14	14

Таблица 4.4 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения

Наименование загрязнения	Лимитирующий показатель вредности	Предельно допустимая концентрация, мг/л
Хлориды		500
Сульфаты		350
Свинец (Pb ²⁺)	Санитарно-токсикологический	0,1
Бензол	Санитарно-токсикологический	0,5
Нитрохлорбензол	Санитарно-токсикологический	0,05
Цинк	Общесанитарный	1,0
БПК		6,0

Общее заключение

На основании проведенных расчетов по определению условий спуска сточных вод проектируемого химического завода для данных расчетных пунктов водопользования можно сделать вывод: сточные воды перед спуском в водоем должны подвергаться очистке в отношении взвешенных веществ и органических веществ, подвергаемых биохимическому окислению. Кроме того, необходимо обезвреживание сточных вод в отношении свинца и бензола.

Контрольные вопросы

1. Какие водоемы являются загрязненными?
2. Что является критериями загрязнения воды?
3. Какой показатель является экологическим стандартом, оценивающим санитарное состояние водных объектов?
4. Какое основное требование предъявляется к качеству воды в водных объектах?
5. В каких местах устанавливаются нормативы состава и свойств воды водных объектов, которые должны быть обеспечены при спуске в них сточных вод?
6. На каком расстоянии от пункта водопользования устанавливаются нормативные требования к качеству воды на проточных водоемах (реках)?

7. Какие производственные сточные воды запрещается сбрасывать в водные объекты?

8. Решение каких задач предусматривает контроль и управление качеством воды в водных объектах?

9. Как определяется соответствие условий сброса сточных вод в водный объект санитарным требованиям?

10. В каком случае условия сброса сточных вод в водоем соответствуют санитарным условиям?

11. Какие меры должны быть приняты при несоответствии условий сброса сточных вод в водоем санитарным требованиям?

12. За счет проведения каких мероприятий может быть снижена концентрация загрязнения в реке?

13. Содержание каких химических веществ в воде и какие свойства воды характеризует показатель, называемый биохимическим потреблением кислорода (БПК)?

14. Как определяется необходимая степень очистки сточных вод от загрязнений, содержание которых в сточных водах, выбрасываемых в водоем, не соответствует санитарным требованиям?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ (РАСЧЕТ) ДОПУСТИМОСТИ СБРОСА
СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
В ГОРОДСКУЮ КАНАЛИЗАЦИЮ
(2 часа)

Цель и содержание работы

Работа предназначена для ознакомления студентов с нормированием деятельности промышленных предприятий, связанной со сбросом сточных вод в городскую канализацию. Сточные воды промышленных предприятий после их полной или частичной очистки содержат остаточные количества нерастворенных и растворенных загрязнений. После сброса в городскую канализацию производственные сточные воды в смеси с бытовыми стоками поступают на городские очистные сооружения. Значительное загрязнение производственных сточных вод может привести к нарушению работы городских очистных сооружений, а следовательно, к загрязнению водоема, в который сбрасывается смесь очищенных городских и производственных стоков.

Для обеспечения условий эффективной работы городских очистных сооружений и сохранения качества воды поверхностных водоемов разработаны расчетные методы определения соответствия условий сброса сточных вод в городскую канализацию санитарным нормам.

Студенты по нижеприведенной методике определяют, до какой степени следует очищать, обезвреживать или обеззараживать производственные сточные воды, чтобы после их сброса в городскую канализацию смесь городских и производственных сточных вод не нарушала эффективной работы городских очистных сооружений.

Теоретические положения

При расположении промышленных предприятий в городах или вблизи них, а также при решении о совместной очистке сточных вод группы промышленных предприятий и близлежащего жилого массива загрязненные производственные сточные воды могут сбрасываться в городскую водоотводящую сеть. Очистка смеси бытовых и производственных сточных вод в этом случае

осуществляется на единых очистных сооружениях. В связи с тем, что в сточных водах промышленных предприятий могут содержаться специфические загрязнения, их спуск в городскую водоотводящую сеть ограничен комплексом требований, установленных «Правилами приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов».

Производственные сточные воды, подлежащие сбросу в городскую канализацию и очистке совместно с бытовыми сточными водами населенного пункта, не должны:

- превышать расходы сточных вод и содержание взвешенных, всплывающих веществ, установленные для конкретного промышленного предприятия;

- нарушать работу сетей и сооружений;

- содержать вещества, которые способны засорять трубы канализационной сети или отлагаться на стенках труб;

- оказывать разрушающее действие на материал труб и элементы сооружений канализации;

- содержать горючие примеси и растворенные газообразные вещества, способные образовывать взрывоопасные смеси в канализационных сетях и сооружениях;

- содержать вредные вещества в концентрациях, препятствующих биологической очистке сточных вод или сбросу их в водоем (с учетом эффективности очистки);

- иметь температуру выше 40°C;

- иметь pH ниже 6,5 и выше 9,0;

- содержать вещества, для которых не установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) в воде водоемов соответствующего вида водопользования;

- содержать опасные бактериальные загрязнения;

- иметь ХПК, превышающую БПК более чем в 1,5 раза.

Запрещается спускать в городскую канализацию концентрированные маточные и кубовые растворы.

Производственные сточные воды, не удовлетворяющие указанным условиям, а также содержащие вещества, не удаляемые на городских очистных сооружениях, и вещества, для которых в настоящее время отсутствуют данные об эффективности их удаления, должны подвергаться на промышленных предприятиях очистке до концентрации, которая с учетом разбавления в городской канализации и воде водоема обеспечит в пунктах водопользования

качество воды, соответствующее требованиям «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

Органы ЖКХ совместно с комитетом по охране окружающей среды и органами санитарно-эпидемиологической службы должны требовать от всех промышленных предприятий максимального сокращения сброса производственных сточных вод в городскую канализацию за счет применения рациональных технологических процессов, частичного или полного водоотбора, повторного использования сточных вод, извлечения и использования в них ценных веществ.

Методика определения соответствия условий спуска сточных вод в городскую канализацию

Методика имеет целью обеспечение устойчивых качественных показателей работы городских очистных сооружений, предупреждение и устранение загрязнения городскими сточными водами водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, культурно-бытовых нужд населения и рыбохозяйственных целей. Она предназначена для использования органами жилищно-коммунального хозяйства, которые по согласованию с комитетом по охране окружающей среды и органами санитарно-эпидемиологической службы дают разрешение на сброс промышленных стоков в городскую канализацию.

Допустимая концентрация загрязняющих веществ в очищенном стоке после городских очистных сооружений, сбрасываемом в водоем, определяется условием, что концентрации загрязнений в речной воде не должны превышать их ПДК в створе, расположенном на водотоках (реках) в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т. д.), а на непроточных водоемах и водохранилищах – в одном километре в обе стороны от пункта водопользования. Решение этой задачи осуществляется по уравнению

$$C_{oc} = (n-1)(C_{пдк} - C_v) + C_{пдк}, \quad (5.1)$$

где $C_{ПДК}$ – ПДК загрязняющего вещества в воде водоема, в который осуществляется сброс городских очищенных сточных вод, мг/л;
 C_B – фактическая концентрация того же вещества в воде водного объекта до сброса в него городских очищенных сточных вод, мг/л;
 n – кратность разбавления очищенных сточных вод в расчетном створе водного объекта (реки), расположенном в одном километре выше ближайшего по течению пункта хозяйственно-питьевого водопользования.

Кратность разбавления очищенных сточных вод речной водой n в расчетном створе определяется по формуле

$$n = \frac{\gamma \cdot Q_p + Q_{oc}}{Q_{oc}}, \quad (5.2)$$

где Q_p – расход воды в реке, м³/с;

Q_{oc} – расход городских очищенных сточных вод, сбрасываемых в реку, м³/с;

γ – коэффициент смешения сточных вод с водой реки в расчетном створе.

Величина Q_{oc} определяется по уравнению

$$Q_{oc} = Q_{ncсв} + Q_{гссв}, \quad (5.3)$$

где $Q_{ncсв}$ – расход производственных сточных вод промышленного предприятия, сбрасываемых в городскую канализацию, м³/с;

$Q_{гссв}$ – расход городских (бытовых) сточных вод, поступающих на городские очистные сооружения, м³/с.

Величина коэффициента обеспеченности смешения γ для проточных (незарегулированных) водоемов определяется по методу Фролова-Родзиллера

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q_p}{Q_{oc}} \beta}. \quad (5.4)$$

Коэффициент β определяется по уравнению

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}, \quad (5.5)$$

где L – расстояние по фарватеру от места выпуска сточных вод до расчетного створа водного объекта, расположенного в одном километре выше ближайшего по течению пункта хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования;
 α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения, определяется по формуле

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{oc}}}, \quad (5.6)$$

где ξ – коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод в водоем; при выпуске у берега он равен 1, при выпуске в стрежень реки он равен 1,5;
 φ – коэффициент извилистости реки, он равен отношению расстояния по фарватеру от места выпуска сточных вод до створа ближайшего пункта водопользования (L_φ) к расстоянию до того же пункта по прямой (L):

$$\varphi = \frac{L_\varphi}{L}; \quad (5.7)$$

E – коэффициент турбулентной диффузии, который для равнинных рек определяется по формуле

$$E = \frac{v_{cp} \cdot H_{cp}}{200}, \quad (5.8)$$

где v_{cp} – средняя скорость течения на участке между выпуском сточных вод и створом пункта водопользования, м/с;

H_{cp} – средняя глубина водоема на том же участке, м.

Допустимая концентрация загрязнений в смеси бытовых и промышленных сточных вод, поступающей на городские очистные сооружения

$$C_{cm} = \frac{100 \cdot C_{oc}}{100 - A}, \quad (5.9)$$

где A – эффективность удаления загрязнения на городских очистных сооружениях, %.

Величина расчетного показателя загрязнения смеси бытовых и производственных сточных вод $C_{см}$, определенная расчетом, приобретает значение контрольной величины на период эксплуатации городских очистных сооружений и кладется в основу лимита – предельно допустимого для данного предприятия сброса в городскую канализацию загрязнения.

Допустимая концентрация загрязнений в промышленных сточных водах, сбрасываемых в городскую канализацию:

$$C_{д.псв} = \frac{C_{см} (Q_{гсв} + Q_{псв}) - C_{гсв} \cdot Q_{гсв}}{Q_{псв}}, \quad (5.10)$$

где $C_{гсв}$ – содержание загрязнений в городских сточных водах, мг/л.

Если полученное значение допустимого содержания загрязнений $C_{д.псв}$ в производственном стоке меньше фактического значения $C_{псв}$, т. е. выполняется условие $C_{д.псв} < C_{псв}$, то условия сброса производственных сточных вод в городскую канализацию соответствуют санитарным требованиям. Если $C_{д.псв} > C_{псв}$, то санитарные требования к сбросу сточных вод в канализацию не выполняются и необходима их предварительная очистка.

Эффективность очистки производственных сточных вод перед сбросом в канализацию определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{C_{псв} - C_{д.псв}}{C_{псв}} \cdot 100. \quad (5.11)$$

Условия практической работы

В городе К проектируется химический завод. Спуск сточных вод в количестве с этого предприятия намечается в городскую канализацию. В эту же канализацию поступают городские сточные воды города К. Смесь городских и промышленных сточных вод поступает на городские очистные сооружения, где подвергается биологической очистке. Очищенный сток сбрасывается в реку Н ниже границы города. При санитарном обследовании водоема обнаружено, что ниже намеченного спуска сточных вод на

расстоянии 5 км находится населенный пункт В, который использует воду реки Н для питьевых и культурно-бытовых целей. Данные по составу сточных вод химического завода приведены в таблице 5.1 для различных вариантов расчета.

Таблица 5.1 - Данные для выполнения практической работы
«Определение (расчет) допустимости сброса сточных вод
промышленного предприятия в городскую канализацию»

Номер варианта	Расход, м ³ /с				
	городских сточных вод, $Q_{гсв}$	производственных стоков, $Q_{псв}$	речной воды, Q_p	скорость воды в реке, $v_{ср}$, м/с	глубина реки, $H_{ср}$, м
1	5,0	0,40	60	0,30	1,20
2	5,2	0,41	64	0,31	1,22
3	5,4	0,42	68	0,32	1,24
4	5,6	0,43	72	0,33	1,26
5	5,8	0,44	76	0,34	1,28
6	6,0	0,45	80	0,35	1,30
7	6,2	0,46	84	0,36	1,32
8	6,4	0,47	88	0,37	1,34
9	6,6	0,48	92	0,38	1,36
10	6,8	0,49	96	0,39	1,38
11	7,0	0,50	100	0,40	1,40
12	7,2	0,51	104	0,41	1,42
13	7,4	0,52	108	0,42	1,44
14	7,6	0,53	112	0,43	1,46
15	7,8	0,54	116	0,44	1,48
16	8,0	0,55	120	0,45	1,50
17	8,2	0,56	124	0,46	1,52
18	8,4	0,57	128	0,47	1,54
19	8,6	0,58	132	0,48	1,56
20	8,8	0,59	136	0,49	1,58

Данные по составу воды реки Н выше выпуска сточных вод приведены в таблице 5.2 для различных вариантов расчета.

Примечания:

1. Выпуск очищенных сточных вод проектируется в стрежень реки, поэтому значение коэффициента ξ в уравнении (5.8) для всех вариантов расчета принимается равным $\xi = 1,5$.

2. Значение коэффициента извилистости реки φ в уравнении (5.8) для всех вариантов расчета принимается равным $\varphi = 1,0$;

Таблица 5.2 - Данные для выполнения практической работы «Определение (расчет) допустимости сброса сточных вод промышленного предприятия в городскую канализацию»

Вариант расчета	Загрязняющее вещество	ПДК, мг/л	Концентрация, мг/л			Эффективность очистки A , %
			в стоке предприятия $C_{псв}$, мг/л	в городском стоке $C_{гсв}$, мг/л	в речной воде $C_в$, мг/л	
1	Анилин	0,1	5	0,2	0,05	90
2	Метанол	3,0	40	0,5	0,1	90
3	Формальдегид	0,05	10	0,01	0,01	80
4	Капролактам	1,0	20	1,0	0,01	90
5	Бугиловый спирт	1,0	50	5,0	0,01	90
6	Бугилацетат	0,1	10	1,0	0,01	40
7	Кадмий	0,01	6	0,003	0,01	60
8	Никель	0,1	10	0,04	0,02	50
9	Свинец	0,1	5	0,03	0,03	50
10	Цинк	1,0	15	0,4	0,3	70
11	Стирол	0,1	8	0,02	0,01	90
12	Фенол	0,01	2	0,002	0,001	90
13	Медь	1,0	14	0,5	0,2	80
14	Хром (Cr^{6+})	0,1	4	0,05	0,03	80
15	Железо (Fe^{3+})	0,5	10	0,4	0,3	80
16	Анилин	0,1	5	0,2	0,01	90
17	Метанол	3,0	40	0,5	0,1	90
18	Формальдегид	0,05	10	0,1	0,01	80
19	Капролактам	1,0	20	0,2	0,5	90
20	Метанол	3,0	40	0,5	0,1	90

Требования к отчету

Результаты практической работы должны быть оформлены в виде отчета, в котором должны быть изложены:

- наименование и вариант работы;
- исходные данные для расчетов;
- методика расчетов с результатами вычислений;
- сводная расчетная таблица;
- общее заключение по результатам работы.

Пример расчета

Исходные данные для расчета:

- расход сточных вод завода (производственных сточных вод) $Q_{ncв} = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$;
- расход городских сточных вод $Q_{гсв} = 6 \text{ м}^3/\text{с}$;
- расход речной воды в реке $Q_p = 60 \text{ м}^3/\text{с}$;
- средняя скорость течения $v_{ср} = 0,3 \text{ м/с}$;
- средняя глубина реки $H_{ср} = 1,2 \text{ м}$;
- сточные воды завода содержат анилин:
- содержание анилина в сточной воде завода $C_{ncв} = 50 \text{ мг/л}$;
- содержание анилина в речной воде выше места выпуска очищенных сточных вод $C_г = 0,01 \text{ мг/л}$;
- ПДК содержание анилина в городских сточных водах $C_{гсв} = 3 \text{ мг/л}$;
- ПДК анилина в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения $C_{пдк} = 0,1 \text{ мг/л}$;
- эффективность очистки сточных вод от анилина на городских очистных сооружениях $A = 90\%$.

Определение допустимой концентрации загрязняющих веществ в очищенном стоке после городских очистных сооружений, сбрасываемом в водоем.

1. Определение коэффициента смешения γ :

1.1. Коэффициент турбулентной диффузии (уравнение 5.8)

$$E = \frac{v_{cp} \cdot H_{cp}}{200} = \frac{0,3 \cdot 1,2}{200} = 0,0018.$$

1.2. Расход очищенных сточных вод, сбрасываемых в реку городскими очистными сооружениями (уравнение 5.3)

$$Q_{oc} = Q_{ncс} + Q_{зсс} = 0,4 + 6 = 6,4 \text{ м}^3/\text{с}.$$

1.3. Коэффициент α (уравнение 5.6)

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{oc}}} = 1,5 \cdot 1,0 \sqrt[3]{\frac{0,0018}{6,4}} = 0,098,$$

где $\xi = 1,5$ при выпуске сточных вод в стрежень реки, $\varphi = 1,0$.

1.4. Коэффициент β (уравнение 5.5)

Вычисляется значение выражения в числителе уравнения

$$\alpha \cdot \sqrt[3]{L} = 0,098 \cdot \sqrt[3]{4000} = 1,56.$$

Вычисляется значение коэффициента β

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} = e^{-1,56} = 0,312,$$

где $L = 4000$ м – расстояние от места выпуска сточных вод до створа, расположенного на 1 км выше по течению реки границы пункта В.

1.5. Коэффициент γ (уравнение 5.4)

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q_p}{Q_{oc}} \beta} = \frac{1 - 0,312}{1 + \frac{60}{6,4} \cdot 0,312} = 0,0173.$$

Определение кратности разбавления очищенных сточных вод речной водой (уравнение 5.2)

$$n = \frac{\gamma \cdot Q_p + Q_{oc}}{Q_{oc}} = \frac{0,173 \cdot 60 + 6,4}{6,4} = 2,62.$$

Допустимая концентрация примеси в очищенном стоке, сбрасываемом в реку после очистных сооружений (уравнение 5.1):

$$C_{oc} = (n-1)(C_{ПДК} - C_B) + C_{ПДК} = (2,62-1)(0,1-0,01) + 0,1 = 0,25 \text{ мг/л.}$$

Допустимая концентрация загрязнений в смеси бытовых и промышленных сточных вод, поступающей на городские очистные сооружения (уравнение 5.9):

$$C_{см} = \frac{100 \cdot C_{oc}}{100 - A} = \frac{100 \cdot 0,25}{100 - 90} = 2,5 \text{ мг/л.}$$

Допустимая концентрация загрязнений в промышленных сточных водах, сбрасываемых в городскую канализацию (уравнение 5.10):

$$C_{д.псв} = \frac{C_{см} (Q_{гсв} + Q_{псв}) - C_{гсв} \cdot Q_{гсв}}{Q_{псв}} = \frac{2,5(60+0,4) - 0,5 \cdot 6,0}{0,4} = 32,5 \text{ мг/л.}$$

Сравнение полученного значения $C_{д.псв}$ с фактическим значением содержания анилина в производственных сточных водах $C_{псв}$.

Фактическое содержание анилина в производственных сточных водах завода составляет $C_{псв} = 50$ мг/л. Расчетное значение допустимого содержания анилина составляет $C_{д.псв} = 32,5$ мг/л, т.е. меньше фактического значения. Следовательно, сброс сточных вод в городскую канализацию с таким содержанием анилина недопустим, так как может нарушить эффективную работу городских очистных сооружений и привести к загрязнению речной воды выше допустимых норм. Поэтому перед сбросом в городскую канализацию производственные сточные воды должны быть подвергнуты дополнительной очистке от анилина.

Эффективность очистки должна составлять

$$\varepsilon = \frac{C_{псв} - C_{д.псв}}{C_{псв}} \cdot 100 = \frac{50 - 32,5}{50} \cdot 100 = 35\%.$$

Результаты расчетов допустимости сброса сточных вод
промышленного предприятия в городскую канализацию

Наименование показателей	Обозначение	Единицы измерения	Значение
1. Загрязнитель			Анилин
2. ПДК анилина	$C_{ПДК}$	мг/л	0,1
3. Содержание анилина:			
- в речной воде	$C_{\text{в}}$	мг/л	0,01
- в городских сточных водах	$C_{\text{гев}}$	мг/л	3,0
- в производственном стоке	$C_{\text{нев}}$	мг/л	50
- в очищенном стоке, сбрасываемом в реку	$C_{\text{ос}}$	мг/л	0,25
- в смеси городских и производственных сточных вод, направляемой на городские очистные сооружения	$C_{\text{см}}$	мг/л	2,5
4. Допустимое содержание анилина в производственном стоке	$C_{\text{д.нев}}$	мг/л	32,5
5. Требуемая степень очистки производственного стока от анилина	Э	%	35

Общее заключение

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод: сточные воды перед сбросом в городскую канализацию должны подвергаться очистке.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях может осуществляться сброс производственных сточных вод в городскую канализацию?
2. К каким последствиям может привести значительное загрязнение производственных сточных вод, сбрасываемых в городскую канализацию?
3. Какие требования предъявляются к производственным сточным водам, подлежащим сбросу в городскую канализацию?
4. Какие меры применяются к производственным сточным водам, подлежащим сбросу в канализацию, в случае, когда не выполняются предъявляемые к ним требования?
5. До какой концентрации должна осуществляться очистка производственных сточных вод, подлежащих сбросу в городскую канализацию?
6. Как определяется соответствие сброса производственных сточных вод в городскую канализацию?
7. В каком месте по течению реки определяется соответствие условий сброса сточных вод предприятия санитарным требованиям?
8. Какое требование должно выполняться при соответствии условий сброса сточных вод в реку санитарным нормам?
9. Как определяется необходимая степень очистки сточных вод от загрязнений, содержание которых в сточных водах, сбрасываемых в канализацию, не соответствует санитарным требованиям?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

ОЦЕНКА УЩЕРБА ЗА ВЫБРОСЫ (СБРОСЫ) ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Цель и содержание работы

Работа предназначена для знакомства студентов с порядком определения платы и ее размеров за загрязнение окружающей природной среды организациями, предприятиями, юридическими лицами, осуществляющими вредные выбросы в атмосферу и сбросы в водоемы.

Настоящие методические указания составлены на основании Закона Российской Федерации «Об охране окружающей среды», Постановления Правительства Российской Федерации от 28 августа 1992 г. № 632 «Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов и другие виды вредного воздействия», Постановления Правительства Российской Федерации от 5 августа 1992 г. № 552 «Об утверждении положения о составе затрат по производству и реализации продукции (работ и услуг), включаемых в себестоимость продукции (работ, услуг), и о порядке формирования финансовых результатов, учитываемых при налогообложении прибыли», «Инструктивно-методических указаний по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды», утвержденными министром охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ 26 января 1993 г., Письма Минприроды РФ от 27.11.92 «Базовые нормативы платы за выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую природную среду и размещение отходов».

Студенты по нижеприведенной методике определяют размеры платежей, осуществляемых промышленным предприятием за выбросы вредных веществ в атмосферу и сбросы в водоемы.

Общие положения

Плата за загрязнение представляет собой форму возмещения экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, а также за размещение отходов на территории Российской Федерации. Она возмещает затраты на компенсацию вредного воздействия выбросов и сбросов

загрязняющих веществ на окружающую природную среду, затраты на проектирование и строительство природоохранных объектов, а также стимулирует снижение или поддержание выбросов и сбросов в пределах нормативов и утилизацию отходов.

Плата за загрязнение окружающей природной среды (плата за загрязнение) взимается с предприятий, учреждений, организаций и других юридических лиц независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, на которой они основаны, включая совместные предприятия с участием юридических лиц и граждан, которым предоставлено право ведения производственно-хозяйственной деятельности на территории Российской Федерации (природопользователей).

Плата за загрязнение взимается с природопользователей, осуществляющих следующие виды воздействия на окружающую природную среду:

- выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников;
- сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, а также любое подземное размещение загрязняющих веществ;
- размещение отходов.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 августа 1992 г. размер платежей за выбросы вредных веществ в атмосферу и сброс в водоемы определяется как сумма платежей за загрязнение:

- в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы (выбросов, сбросов, размещения отходов);
- в пределах установленных лимитов (выбросов, сбросов, размещения отходов);
- за сверхлимитное загрязнение окружающей природной среды.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 5 августа 1992 г. устанавливаются следующие источники платежей за загрязнение окружающей природной среды:

- платежи в пределах допустимых нормативов выбросов, сбросов загрязняющих веществ осуществляются за счет себестоимости продукции (работ и услуг);
- платежи за превышение допустимых нормативов выбросов, сбросов загрязняющих веществ, размещение отходов (лимиты или

временно согласованные нормативы выбросов, сбросов, размещения отходов, а также превышение лимитов или временно согласованных нормативов выбросов, сбросов, размещения отходов) осуществляются за счет прибыли, остающейся в распоряжении природопользователей.

Плановый годовой размер платежей за загрязнение (с разбивкой по кварталам) определяется природопользователем, утверждается руководителем предприятия и согласовывается с территориальным органом Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ в установленные им сроки.

Методика расчета платы за выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферу и сбросы в водоем

Размер платежей за выбросы вредных веществ в атмосферу и сброс в водоемы определяется по формуле

$$P = P_n + P_l + P_{cl}, \quad (6.1)$$

где P_n - плата за выбросы в атмосферу (сброс в водоем) загрязняющих веществ в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы выбросов, руб.;

P_l - плата за выбросы в атмосферу (сброс в водоем) загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов, руб.;

P_{cl} - плата за сверхлимитные выбросы в атмосферу (сброс в водоем) загрязняющих веществ, руб.

Плата за выбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов, определяется по формуле

$$P_n = \sum_{i=1}^n C_{H_i} \cdot M_i \quad \text{при} \quad M_i \leq M_{H_i} \quad (6.2)$$

где i – вид загрязняющего вещества $i = 1, 2 \dots n$;

C_{H_i} – дифференцированная ставка платы за выброс в атмосферу (сброс в водоем) 1 т i -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов выбросов, руб.;

M_i – фактический выброс (сброс) i -го загрязняющего вещества, т;

M_{H_i} – предельно допустимый выброс (сброс) i -го загрязняющего вещества, т.

Плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (сброс в водоем) в пределах установленных лимитов определяется по формуле

$$P_n = \sum_{i=1}^n C_{л_i} \cdot (M_i - M_{H_i}) \quad \text{при} \quad M_{H_i} < M_i \leq (M_{H_i} + M_{л_i}), \quad (6.3)$$

где $C_{л_i}$ – дифференцированная ставка платы за выброс 1 т i -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита, руб.;

$M_{л_i}$ – выброс i -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита, т.

Плата за сверхлимитный выброс загрязняющих веществ в атмосферу (сброс в водоем) определяется по формуле

$$P_{сл} = 5 \cdot \sum_{i=1}^n C_{л_i} \cdot (M_i - M_{H_i} - M_{л_i}) \quad \text{при} \quad M_i > (M_{H_i} + M_{л_i}). \quad (6.4)$$

Определение дифференцированных ставок за загрязнение окружающей природной среды

Дифференцированная ставка платы за выброс в атмосферу (сброс в водоем) 1 т i -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов выбросов равна

$$C_{H_i} = H_{\text{бн}_i} \cdot K_{\text{э}}. \quad (6.5)$$

Дифференцированная ставка платы за выброс 1 т i -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита равна

$$C_{л_i} = H_{\text{бл}_i} \cdot K_{\text{э}}. \quad (6.6)$$

где $H_{\text{бн}_i}$ – базовый норматив платы за выброс в атмосферу (сброс в водоем) 1 т i -го загрязняющего вещества в размерах, не

превышающих предельно допустимые нормативы выбросов, руб.;

$H_{ол}$ – базовый норматив платы за выброс в атмосферу (сброс в водоем) 1 т загрязняющего вещества в пределах установленного лимита, руб.;

K_3 – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в данном регионе (поверхностного водного объекта).

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости (K_3) состояния атмосферного воздуха, почвы и водных объектов на территории РФ вводятся для учета суммарного воздействия, оказываемого выбросами (сбросами, размещением отходов) загрязняющих веществ на данной территории.

K_3 рассчитаны по данным оценки лаборатории мониторинга природной среды и климата Госкомгидромета РФ. В их основу положен показатель степени загрязнения и деградации природной среды на территории экономических районов РФ в результате присущих этим районам выбросов в атмосферу и образующихся и размещаемых на их территории отходов.

K_3 состояния водных объектов по бассейнам основных рек РФ рассчитаны на основании данных о количестве сброшенных загрязненных сточных вод по бассейнам основных рек в разрезе республик, краев, областей и объеме стока по бассейнам основных рек в разрезе экономических районов РФ.

Значения K_3 для различных регионов РФ приведены в таблице 6.1.

K_3 атмосферного воздуха, водных объектов и почвы могут увеличиваться решением органов исполнительной власти республик в составе РФ, краев и областей, г. Москвы и Санкт-Петербурга, автономных образований:

- для природопользователей, расположенных в зонах экологического бедствия, районах Крайнего Севера и местностях, приравненных к ним, на территории национальных парков, особо охраняемых и заповедных территориях, эколого-курортных регионах, а также на территориях, по которым заключены международные конвенции, – до 2 раз;

- для природопользователей, осуществляющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферу городов и крупных промышленных центров, – на 20 %.

Таблица 6.1 - Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха и почвы территорий экономических районов Российской Федерации

Экономический район Российской Федерации	Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости (K_s)	
	атмосферного воздуха	почвы
Северный	1,4	1,4
Северно-Западный	1,5	1,3
Центральный	1,9	1,6
Волго-Вятский	1,1	1,5
Центрально-Черноземный	1,5	2,0
Поволжский	1,9	1,9
Северо-Кавказский	1,6	1,9
Уральский	2,0	1,2
Западно-Сибирский	1,2	1,2
Восточно-Сибирский	1,4	1,1
Дальневосточный	1,0	1,1

Значения K_s для города Кирова приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха, водных объектов и почв г. Кирова

Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости, K_s	Значение
Атмосферного воздуха	1,1
Водных объектов	1,2
Почвы	1,5

Определение базовых нормативов платы за загрязнение окружающей среды

На основании Письма Минприроды РФ от 27.11.92 при расчете платежей за выбросы, сбросы загрязняющих веществ устанавливаются два вида базовых нормативов платы:

- за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, другие виды вредного воздействия в пределах допустимых нормативов;
- за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов, другие виды вредного воздействия в пределах установленных лимитов (временно согласованных нормативов).

Базовые нормативы платы за выбросы в атмосферу и сбросы в водоемы конкретных загрязняющих веществ определяются как произведение удельного экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ на показатели относительной опасности конкретного загрязняющего вредного вещества для окружающей природой среды и здоровья населения и на коэффициенты индексации платы:

- для выбросов (сбросов) в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы:

$$H_{\text{бн}_i} = \mathcal{E}_y \cdot A_i \cdot K_{\text{ин}}. \quad (6.7)$$

- для выбросов (сбросов) в пределах установленных лимитов

$$H_{\text{бл}_i} = \mathcal{E}_y \cdot A_i \cdot K_{\text{ул}}, \quad (6.8)$$

где \mathcal{E}_y – удельный экономический ущерб от выброса в атмосферу (сброса в водоем) 1 т i -го загрязняющего вещества, руб;

A_i – показатели относительной опасности вещества, выбрасываемого в атмосферу (сбрасываемого в водоем);

$K_{\text{ин}}$ – коэффициент индексации платы для выбросов (сбросов) в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы;

$K_{\text{ул}}$ – коэффициент индексации платы для выбросов (сбросов) в пределах установленных лимитов.

Удельный экономический ущерб составляет:

- от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в пределах допустимого норматива выброса и лимита (временно согласованного выброса) $\mathcal{E}_y = 85,50$ руб./усл. т;

- от сбросов загрязняющих веществ в водные объекты в пределах допустимого норматива сброса и лимита (временно согласованного сброса) $\mathcal{E}_y = 11460,50$ руб./усл. т.

Показатели относительной опасности веществ (A_i) рассчитываются на основе нормативных документов «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», «Санитарные правила и охраны поверхностных вод от загрязнения».

$$A_i = \frac{1}{ПДК_i}, \quad (6.9)$$

где $ПДК_i$ - для атмосферного воздуха принимается предельно допустимая концентрации среднесуточная ($ПДК_{cc}$);

$ПДК_i$ - для водных объектов принимается предельно допустимая концентрация в воде рыбохозяйственных водоемов ($ПДК_{рх}$);

i – загрязняющее вещество.

Коэффициент индексации платы для выбросов (сбросов) в пределах допустимых нормативов K_{un} устанавливается в зависимости от уровня изменения цен на природоохранное строительство и по другим направлениям природоохранной деятельности.

Коэффициент индексации платы для выбросов (сбросов) в пределах установленных лимитов устанавливается в пятикратном размере по отношению к коэффициенту индексации платы для выбросов (сбросов) в пределах допустимых нормативов, т.е.

$$K_{ul} = 5K_{un}.$$

Определение массы загрязнений, поступающих в окружающую среду

Масса i -го вещества выбрасываемого в атмосферу при непрерывном пылегазовом выбросе в год, т:

$$M_i = \frac{M \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}{10^6}, \quad (6.10)$$

где M_i - масса выброса i -го вещества в атмосферу в секунду, г.

Предельно допустимый выброс в атмосферу i -го загрязняющего вещества (т/г) равен

$$M_{H_i} = \frac{ПДВ_i \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}{10^6}, \quad (6.11)$$

где $ПДВ_i$ - предельно допустимый выброс i -го вещества из стационарного источника, г/с.

Масса i -го вещества, сбрасываемого в водоем при непрерывном сбросе стока в год, т:

$$M_i = \frac{q \cdot C_{cm_i} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}{10^6}, \quad (6.12)$$

где q – объем сброса стока в водоем, м³/с;

C_{cm_i} - концентрация i -го вещества в стоке, сбрасываемом в водоем, мг/л.

Предельно допустимый сброс в водоем i -го загрязняющего вещества (т/г) равен

$$M_{H_i} = \frac{q \cdot C_{cm.нр_i} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}{10^6}, \quad (6.13)$$

где $C_{cm.нр_i}$ - ПДК i -го загрязняющего вещества в стоке, сбрасываемом в водоем, мг/л.

Исходные данные и порядок расчетов

Общая ситуация

В городе К проектируется промышленное предприятие. В соответствии с принятой технологией на предприятии предусмотрен сброс вредных веществ со сточными водами в водоем (реку) ниже границы города и выброс вредных веществ в атмосферу через трубу. Необходимо определить размеры платежей за выбросы вредных веществ в атмосферу и сбросы в реку, которые должны осуществлять предприятие, и дать рекомендации по охране воздушного бассейна и охране и рациональному использованию водных ресурсов.

Исходные данные для расчетов

Наименование загрязняющего вещества в выбросе промышленного предприятия в атмосферу, его масса (г), предельно допустимый выброс (г/с) и его предельно допустимая концентрация принимаются из данных таблицы 6.3.

Загрязняющими веществами, сбрасываемыми в водоем со сточными водами промышленного предприятия, по которым осуществляется начисление платежей, являются: свинец, цинк, бензол, нитрохлорбензол. Расход сточных вод (q , м³/с), концентрация в них загрязняющих веществ ($C_{ст.и}$, мг/л), максимально допустимая концентрация загрязняющих веществ в сточных водах ($C_{ст.пр.и}$, мг/л) и ПДК этих веществ в воде водных объектов принимаются из таблицы 6.4.

Выброс (сброс) i -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита ($M_{ли}$) принимается в процентах (a) от значения предельно допустимого выброса (сброса).

$$M_{ли} = \frac{a \cdot M_{Н.и}}{100}. \quad (6.14)$$

Значение коэффициента a принимается равным 30–50%. Значения K , приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.3 - Данные для расчета выброса загрязняющего вещества в атмосферу и платежей за этот выброс

Номер варианта	Загрязнитель	Масса, М, г	ПДВ, г/с	ПДК, мг/м ³
1	Азота диоксид	80	50	0,085
2	Аммиак	85	55	0,2
3	Ангидрид сернистый	90	60	0,05
4	Анилин	95	65	0,03
5	Бензин	100	70	1,3
6	Бензол	105	75	0,8
7	Хлорид водорода	110	80	0,2
8	Диметиламин	120	85	0,005
9	Дихлорэтан	125	90	1,0
10	Капролактам	130	95	0,06
11	Кислота серная	140	100	0,1
12	Кислота уксусная	145	105	0,06
13	Ксилол	150	110	0,2
14	Нитробензол	160	115	0,008
15	Сероуглерод	170	120	0,005
16	Сероводород	180	125	0,008
17	Толуол	190	130	0,6
18	Фенол	200	135	0,01
19	Хлор	82	140	0,03
20	Хлорбензол	80	145	0,01

Таблица 6.4 – Данные для расчета сбросов загрязняющих веществ
в водоем со сточными водами и платежей за эти сбросы

Номер варианта	Загрязнитель	Концентрация загрязняющих веществ ($C_{ст_i}$, мг/л)	Расход сточной воды (q , м ³ /с)	ПДК в сточных водах, $C_{ст.пр_i}$, мг/л	ПДК в речной воде, мг/л
1	Анилин	34	0,30	0,1	0,05
	Метанол	36	0,32	3,0	0,1
	Формальдегид	38	0,34	0,05	0,01
2	Капролактam	40	0,36	1,0	0,01
	Бутиловый спирт	42	0,38	1,0	0,01
	Бутилацетат	44	0,40	0,1	0,01
3	Кадмий	46	0,42	0,01	0,01
	Никель	48	0,44	0,1	0,02
	Свинец	50	0,46	0,1	0,03
4	Цинк	48	0,48	1,0	0,1
	Стирол	46	0,50	0,1	0,01
	Фенол	44	0,52	0,01	0,001
5	Медь	42	0,54	1,0	0,1
	Хром	40	0,56	0,1	0,03
	Железо	38	0,58	0,5	0,2
6	Анилин	36	0,60	0,1	0,01
	Капролактam	34	0,62	1,0	0,01
	Кадмий	32	0,64	0,01	0,01
7	Цинк	30	0,66	1,0	0,1
	Медь	28	0,68	1,0	0,1
	Анилин	26	0,70	0,1	0,01
8	Метанол	24	0,62	3,0	0,1
	Бутиловый спирт	22	0,64	1,0	0,01
	Никель	20	0,66	0,1	0,02
9	Стирол	18	0,68	0,1	0,01
	Хром	16	0,70	0,1	0,03
	Капролактam	14	0,72	1,0	0,01
10	Формальдегид	12	0,74	0,05	0,01
	Бутилацетат	10	0,76	0,1	0,01
	Свинец	8	0,78	0,1	0,03
11	Фенол	6	0,80	0,01	0,001
	Железо	4	0,82	0,5	0,2
	Кадмий	2	0,84	0,01	0,01
12	Бензол	4	0,82	0,5	0,01
	Бутиловый спирт	6	0,80	1,0	0,01
	Формальдегид	8	0,78	0,05	0,01
13	Нитрохлорбензол	10	0,76	0,05	0,005
	Никель	12	0,74	0,1	0,02
	Цинк	14	0,72	1,0	0,1
14	Метанол	16	0,70	3,0	0,1
	Свинец	18	0,68	0,1	0,03
	Хром	20	0,66	0,1	0,03
15	Железо	22	0,64	0,5	0,2
	Цинк	24	0,62	1,0	0,1
	Медь	26	0,60	1,0	0,1
16	Фенол	28	0,58	0,01	0,001
	Стирол	30	0,56	0,1	0,01
	Железо	32	0,54	0,5	0,2
17	Бензол	34	0,52	0,5	0,01
	Метанол	36	0,50	3,0	0,1
	Кадмий	38	0,48	0,01	0,01
18	Никель	40	0,46	0,1	0,02
	Свинец	42	0,44	0,1	0,03
	Медь	44	0,42	1,0	0,1
19	Нитрохлорбензол	46	0,40	0,05	0,005
	Бутиловый спирт	48	0,38	1,0	0,01
	Формальдегид	50	0,36	0,05	0,01
20	Метанол	48	0,34	3,0	0,1
	Стирол	46	0,32	0,1	0,01
	Фенол	44	0,30	0,01	0,001

Порядок расчета

Расчет выброса одного загрязняющего вещества
в атмосферу и платежей за этот выброс

1. Определяется масса вещества, выбрасываемого в атмосферу в год (M_i , т) (10). Наименование вещества и масса его выброса (M , г/с) принимается из таблицы 6.3.

2. Определяется предельно допустимый выброс в атмосферу загрязняющего вещества в год (M_{Hi} , т) по уравнению (6.11). Предельно допустимый выброс в атмосферу этого вещества (ПДВ, г/с) принимается из таблицы 6.3.

3. Определяется временно согласованный выброс в атмосферу загрязняющего вещества по выражению (6.14). Значение коэффициента (a) в уравнении принимается равным 50 %.

4. Определяется показатель относительной опасности загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферу (A_i), по уравнению (6.9). Значение ПДК этого вещества приведены в табл. 6.3.

5. Определяется значение базового норматива платы за выброс загрязняющего вещества в атмосферу в размерах, не превышающих допустимые нормативы ($H_{\text{бн}i}$, руб./т) по уравнению (6.7). Значение коэффициента индексации платы принимается соответствующим утвержденному на данный момент и задается преподавателем.

6. Определяется значение базового норматива платы за выброс загрязняющего вещества в атмосферу в пределах установленных лимитов ($H_{\text{л}i}$, руб./т) по уравнению (6.8).

7. Определяется дифференцированная ставка платы за выброс в атмосферу загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов (C_{Hi} , руб./т) по уравнению (6.5). Значение коэффициента экологической ситуации и экологической значимости атмосферы K , принимается по таблице 6.2.

8. Определяется дифференцированная ставка платы за выброс в атмосферу загрязняющего вещества в пределах установленных лимитов (C_{li} , руб./т) по уравнению (6.6).

9. Определяются платежи за выброс загрязняющего вещества в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы

выбросов (P_n , руб./г) по уравнению (6.2). Сначала проверяется условие $M_i \leq M_{H_i}$. Если это условие выполняется, то весь выброс в атмосферу не превышает предельно допустимых нормативов, а выброс в пределах установленных лимитов и сверхлимитный выброс равны нулю, т.е. $P_n = 0$ и $P_c = 0$. Если $M_i > M_{H_i}$, то часть выброса находится в пределах допустимых нормативов, а часть превышает их. В этом случае значение M_i в уравнении (6.2) принимается равным $M_i = M_{H_i}$.

10. Определяются платежи за выброс загрязняющего вещества в атмосферу в пределах установленных лимитов по уравнению (6.3). Сначала проверяется условие $(M_i - M_{H_i}) \leq M_{L_i}$. Если это условие выполняется, то выброс в атмосферу, превышающий предельно допустимые нормативы, является выбросом в пределах установленных лимитов, а сверхлимитный выброс равен нулю, т.е. $P_c = 0$. Если $(M_i - M_{H_i}) > M_{L_i}$, то часть общего выброса находится в пределах допустимых нормативов, часть – в пределах установленных лимитов, а часть выброса является сверхлимитной. В этом случае значение $M_i - M_{H_i}$ в выражении 6.3 принимается равным $(M_i - M_{H_i}) = M_{L_i}$.

11. Определяются платежи за сверхлимитный выброс загрязняющего вещества в атмосферу по уравнению (6.4). Эти платежи определяются при выполнении условия $M_i > (M_{H_i} + M_{L_i})$.

12. Определяются суммарные платежи за выброс вредного вещества в атмосферу по уравнению (6.1).

Расчет сбросов нескольких загрязняющих веществ в водоем со сточными водами и платежей за эти сбросы

1. Определяются массы загрязняющих веществ в год (M_i , т), сбрасываемых в водоем со сточной водой, по которым начисляются платежи по уравнению (6.12). Наименование веществ, расход сточной воды (q , м³/с) и концентрация в ней загрязняющих веществ (C_{cm_i} , мг/л) приведены в таблице 6.4.

2. Определяются предельно допустимые сбросы в водоем загрязняющих веществ, (M_{H_i} , т/г) по уравнению (6.13). Максимально

допустимые концентрации загрязняющих веществ в стоке ($C_{ст.пр_i}$, мг/л) приведены в таблице 6.4.

3. Определяются временно согласованные сбросы в водоем загрязняющих веществ по уравнению (6.14). Значение коэффициента (a) в уравнении принимается равным 50%.

4. Определяются показатели относительной опасности загрязняющих веществ, сбрасываемых в водоем (A_i), по уравнению (6.9).

5. Определяются значения базового норматива платы за сбросы загрязняющих веществ в водоем в размерах, не превышающих допустимые нормативы ($H_{бн_i}$, руб./т), по уравнению (6.7).

6. Определяются значения базового норматива платы за сбросы загрязняющих веществ в водоем в пределах установленных лимитов ($H_{л_i}$, руб./т) по уравнению (6.8).

7. Определяются дифференцированные ставки платы за сбросы в водоем загрязняющих веществ в пределах допустимых нормативов ($C_{н_i}$, руб./т) по уравнению (6.5). Значение K , водоема принимается по таблице 6.2.

8. Определяются дифференцированные ставки платы за сбросы в водоем загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов ($C_{л_i}$, руб./т) по уравнению (6.6).

9. Определяются платежи за сбросы в водоем загрязняющих веществ в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы сбросов ($П_n$, руб./год), по уравнению (6.2). Сначала для каждого загрязняющего вещества проверяется условие $M_i \leq M_{н_i}$. Если это условие выполняется, то весь сброс загрязняющего вещества в водоем не превышает предельно допустимых нормативов, а сброс его в пределах установленных лимитов и сверхлимитный сброс равны нулю, т.е. $П_n = 0$ и $П_c = 0$. Если $M_i > M_{н_i}$, то часть сброса находится в пределах допустимых нормативов, а часть превышает их. В этом случае значение M_i по уравнению (6.2) принимается равным $M_i = M_{н_i}$.

10. Определяются платежи за сбросы загрязняющих веществ в водоем в пределах установленных лимитов по уравнению (6.3). Сначала для каждого загрязняющего вещества проверяется условие $(M_i - M_{н_i}) \leq M_{л_i}$. Если это условие выполняется, то сброс его в водоем, превышающий предельно допустимые нормативы, является сбросом

в пределах установленных лимитов, а сверхлимитный сброс равен нулю, т. е. $P_c = 0$. Если $(M_i - M_{H_i}) > M_{L_i}$, то часть общего сброса находится в пределах допустимых нормативов, часть – в пределах установленных лимитов, а часть сброса является сверхлимитной. В этом случае значение $M_i - M_{H_i}$ в выражении 6.3 принимается равным $(M_i - M_{H_i}) = M_{L_i}$.

11. Определяются платежи за сверхлимитные сбросы загрязняющих веществ в водоем по уравнению (6.4). Эти платежи определяются при выполнении условия $M_i > (M_{H_i} + M_{L_i})$.

12. Определяются суммарные платежи за сбросы загрязняющих веществ в водоем по уравнению (6.1).

Требования к отчету

Результаты практической работы должны быть оформлены в виде отчета, в котором должны быть изложены:

- наименование и вариант работы;
- исходные данные для расчетов;
- методика расчетов с результатами вычислений;
- результаты расчетов (табл. 6.5);
- общее заключение по результатам работы.

Таблица 6.5 – Результаты расчетов

Вредные вещества в выбросах	Платежи за выбросы, р./год			
	P_H	P_L	P_{cl}	P
I. Сбросы в водоем:				
1 вещество				
2 вещество				
3 вещество				
II. Выбросы в атмосферу				
Всего				

В общем заключении должно быть указано, из каких видов платежей складываются суммарные платежи за загрязнение окружающей среды. Если на предприятии имеются выбросы вредных веществ в пределах установленных лимитов или за сверхлимитные выбросы, то в заключении должны быть приведены мероприятия по

снижению вредных выбросов до допустимых нормативов. Примерный перечень природоохранных мероприятий приведен в приложении.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой плата за загрязнение окружающей среды и для каких целей она взимается с природопользователей?
2. За какие виды воздействия на окружающую природную среду взимается плата с природопользователей?
3. Из каких источников предприятия осуществляют платежи за загрязнение окружающей среды?
4. Из каких видов платежей складываются суммарные платежи за выбросы вредных веществ в атмосферу и сброс в водоемы?
5. С какой целью при расчете дифференцированных ставок платы применяют коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха, почвы и водных объектов на территории Российской Федерации?
6. Как определяется коэффициент относительной опасности вещества?
7. На какие категории подразделяется масса выбросов вредных веществ в окружающую среду?
8. Какие природоохранные мероприятия необходимо проводить на предприятиях?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7 ОЦЕНКА УЩЕРБА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Цель и содержание работы

Работа предназначена для знакомства студентов с порядком определения размеров ущерба от деградации почв и земель и от загрязнения почв химическими веществами организациями, предприятиями, юридическими и физическими лицами.

Общие положения

Методика определения размеров ущерба от деградации и загрязнения земель химическими веществами разработана в соответствии с Законом РФ «Об охране окружающей природной среды» от 10.01.02 и Постановлением Правительства РФ «Об утверждении Положения о порядке возмещения убытков собственникам земли, землевладельцам, землепользователям, арендаторам и потерь сельскохозяйственного производства» от 28.01.93 № 77.

Экологический ущерб от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных (техногенных) нагрузок выражается главным образом:

- в деградации почв и земель;
- в загрязнении земель химическими веществами;
- в захламлении земель несанкционированными свалками, другими видами несанкционированного и нерегламентированного размещения отходов;
- в увеличении площадей, отводимых под места размещения отходов.

При определении размеров ущерба используются данные почвенных, агрохимических, геоботанических, почвенно-мелиоративных, геологических и других необходимых обследований.

Деградация почв и земель представляет собой совокупность природных и антропогенных процессов, приводящих к изменению функций почв, количественному и качественному ухудшению их состава и свойств, снижению природно-хозяйственной значимости земель. Деградация почв и земель происходит в результате

хозяйственной деятельности в сельском и лесном хозяйстве, строительства и горнодобывающей деятельности, рекреационных нагрузок.

Под *степенью деградации* почв и земель понимается характеристика их состояния, отражающая ухудшение состава и свойств. Крайней степенью деградации является уничтожение почвенного покрова и порча земель.

Выделяются следующие основные типы деградации почв и земель:

- технологическая (эксплуатационная) деградация, в т.ч. нарушение земель, физическая деградация, агроистощение;
- эрозия, в т.ч. водная, ветровая;
- засоление, в т.ч. собственно засоление, осолонцевание;
- заболачивание.

Под *технической деградацией* понимается ухудшение свойств почв, их физического состояния и агрономических характеристик, которое происходит в результате эксплуатационных нагрузок при всех видах землепользования.

Нарушение земель представляет собой механическое разрушение почвенного покрова и обусловлено открытыми и закрытыми разработками полезных ископаемых и торфа, строительными и геологоразведочными работами и др. К нарушенным землям относятся все земли со снятым или перекрытым гумусовым горизонтом и непригодные для использования без предварительного восстановления плодородия, т.е. земли, утратившие первоначальную ценность.

Физическая деградация характеризуется нарушением (деформацией) сложения почв, ухудшением комплекса их физических свойств.

Агроистощение представляет собой потерю почвенного плодородия в результате сельскохозяйственной деятельности.

Эрозия - разрушение почвенного покрова под действием поверхностного стока и ветра с последующим перемещением и переотложением почвенного материала.

Водная эрозия - разрушение почвенного покрова под действием поверхностного стока. Выделяется плоскостная и линейная эрозия. Плоскостная эрозия проявляется в виде смывости поверхностных горизонтов (слоев) почв. Линейная (овражная) эрозия - размыв почв и подстилающих пород, проявляющихся в виде формирования

различного рода промоин и оврагов.

Под *ветровой эрозией* понимается захват и перенос частиц поверхностных слоев почв ветровыми потоками, приводящий к разрушению почвенного покрова.

Засоление почв и земель представляет собой процесс накопления водорастворимых солей, включая и накопление в почвенном поглощающем комплексе ионов натрия и магния.

Собственно засоление - это избыточное накопление водорастворимых солей и возможное изменение среды вследствие изменения их катионно-анионного состава.

Осолонцевание представляет собой приобретение почвой специфических свойств, обусловленное вхождением ионов натрия и магния в почвенный поглощающий комплекс.

Под *заболачиванием* понимается изменение водного режима, выражающееся в длительном переувлажнении, подтоплении и затоплении почв и земель.

Деградация почв и земель характеризуется пятью степенями:

0 - недеградированные (ненарушенные);

1 - слабодegradированные;

2 - среднедеградированные;

3 - сильнодеградированные;

4 - очень сильно деградированные (разрушенные).

Для оценки степени деградации почв и земель используются индикаторные показатели, по которым установлены пороговые значения для определения потери природно-хозяйственной значимости земель. К таким показателям относятся: мощность неплодородного наноса (см), глубина провалов, каменистость покрытия (%), уменьшение мощности почвенного профиля от исходного (%), уменьшение запасов гумуса в профиле (% от исходного), глубина размывов (см), расчлененность территории оврагами (км/км²), содержание токсичных солей в пахотном слое (%), продолжительность затопления (месяцы) и др.

Установление степени деградации почв и земель возможно по любому индикаторному показателю. При наличии двух и более существенных изменений индикаторных показателей оценка степени деградации почв и земель проводится по показателю, устанавливающему максимальную степень.

Ущерб от загрязнения земель определяется:

- при произведении загрязнения земель (выбросами и сбросами

загрязняющих веществ) - на основе данных обследований земель и лабораторных анализов по сравнению с данными предыдущих обследований и анализов;

- при нарушении технологий и регламентов применения пестицидов и других агрохимикатов, несоблюдения природоохранных требований при их хранении, транспортировке и проведении погрузочно-разгрузочных работ, загрязнении земель при авариях, залповых выбросах и сбросах - на основе данных обследований земель и лабораторных анализов;

- при захлавлении земель несанкционированными свалками отходов - на основе данных об объеме (массе) отходов и степени их опасности.

Отходы производства по степени воздействия на организм человека делят на 4 класса опасности: 1-й класс - чрезвычайно опасные, 2-й класс - высоко опасные, 3-й класс - умеренно опасные, 4-й класс - малоопасные.

Площади, глубина загрязнения земель и концентрация химических веществ определяются на основании материалов по обследованию земель и лабораторных анализов.

При расчете размеров ущерба от загрязнения земель стоимостные показатели определяются в соответствии с таблицей 1 и уточняются на основе данных государственной статистики об индексации цен.

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости на территории РФ (табл. 4) вводятся для учета суммарного воздействия, оказываемого загрязняющими веществами на земли.

Средства, взыскиваемые с виновных юридических и физических лиц, и возмещение ущерба, нанесенного ими в результате загрязнения земель химическими веществами, рекомендуется использовать для осуществления мероприятий по консервации загрязненных земель, выполнению специальных режимов их использования, восстановлению загрязненных земель, устранению их дальнейшего загрязнения, для возмещения убытков и вреда, причиненного в результате ухудшения качества земель и ограничения их использования, возмещения потерь сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства, а также на проведение обследований по выявлению загрязненных земель и лабораторных анализов по определению степени их загрязнения.

Расчет платы за ущерб от загрязнения земель химическими веществами

Размеры ущерба от загрязнения земель определяются исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель. В случае невозможности оценить указанные затраты, размеры ущерба от загрязнения земель рассчитываются по следующей формуле:

$$P = P_c \cdot S \cdot K_6 \cdot K_3 \cdot K_9 \cdot K_2 \cdot K_u, \quad (7.1)$$

где P - размер платы за ущерб от загрязнения земель одним или несколькими химическими веществами, тыс. руб.;

P_c - норматив стоимости сельскохозяйственных земель, тыс. руб./га, определяемый согласно таблице 7.1;

S - площадь земель, загрязненных химическим веществом, га;

K_6 - коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель, определяемый согласно таблице 7.2;

K_3 - коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическим веществом, определяемый согласно таблице 7.3;

K_9 - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории экономического района, определяемый согласно таблице 7.4;

K_2 - коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель, определяемый согласно таблице 7.5;

K_u - коэффициент индексации цен.

Степень загрязнения земель характеризуется пятью уровнями: допустимым (1 уровень), слабым (2 уровень), средним (3 уровень), сильным (4 уровень) и очень сильным (5). Под допустимым уровнем загрязнения понимается содержание в почве химических веществ, не превышающее их предельно допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). При допустимом уровне загрязнения коэффициент K_3 в формуле 7.1 приравнивается к 0, тогда $P=0$, следовательно плата не взимается. Содержание в почве химических веществ, соответствующее различным уровням загрязнения, приведено в таблице 7.6.

Размеры ущерба от загрязнения земель несанкционированными свалками отходов определяются по формуле:

$$P = H_n \cdot M \cdot K_3 \cdot 25 \cdot K_6, \quad (7.2)$$

где P - то же, что в формуле 7.1;

H_n - норматив платы за захламление земель 1 т (м^3) отходов, руб., определяемый согласно таблице 7.7;

M - масса (объем) отхода, т, м^3 ;

K_3 - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории экономического района согласно таблице 7.3;

25 - повышающий коэффициент за загрязнение земель отходами несанкционированных свалок;

K_6 - то же, что и в формуле 7.1.

Расчет размера ущерба от деградации почв и земель

При проведении обследований по выявлению деградированных почв и земель определяются площади, а также изменение степени их деградации:

а) в качестве исходных материалов используются данные почвенных, агрохимических, почвенно-эрозионных обследований, солевых и других съемок, проведенных предприятиями, организациями и гражданами, имеющими соответствующие лицензии, в сопоставлении с данными предыдущих обследований и съемок;

б) на план землепользования (выкопировку) наносятся контуры угодий в зависимости от изменения степени деградации почв и земель с выделением на них почвенных разновидностей, взятых с почвенной карты;

в) вычисляются площади контуров почвенных разновидностей.

Таблица 7.1 - Нормативы стоимости освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных угодий для несельскохозяйственных нужд (по состоянию на 1.01.96)

Номер варианта	Типы и подтипы изымаемых сельскохозяйственных угодий	Норматив стоимости освоения новых земель взамен изымаемых с.-х. угодий, млн руб./га
	Республика Марий Эл, Удмуртская Республика, Брянская, Владимирская, Вологодская, Ивановская, Калужская, Тверская, Кировская, Костромская, Новгородская, Пермская, Псковская, Смоленская и Ярославская области, Коми-Пермяцкий автономный округ	124
1, 11, 19	Темно-серые лесные, дерново-карбонатные, торфяные окультуренные	167
2, 12, 20	Серые и светло-серые лесные, дерново-слабоподзолистые, старопойменные, луговые, дерновые на бескарбонатных породах	155
3, 13	Темно - серые лесные и дерново-карбонатные эродированные	147
4, 14	Дерново-подзолистые, серые, светло-серые лесные и луговые-глееватые	137
5, 15	Дерново-подзолистые, серые, светло-серые лесные-эродированные; пойменные луговые глееватые	105
6, 16	Дерново-подзолистые, серые и светло-серые лесные-глеевые; пойменные луговые глеевые; торфянисто-глеевые	88
7, 17	Иловато-болотные, болотные низинные	75
8, 18	Почвы овражно-балочного комплекса	27

Размер ущерба рассчитывается для каждого контура деградированных почв и земель по формуле:

$$Ущ = (P_c \cdot S \cdot K_s \cdot K_c + K_s \cdot D_x \cdot S \cdot K_g) K_u, \quad (7.3)$$

где Ущ - размер ущерба от деградации почв и земель, тыс. руб.;

P_c - норматив стоимости, определяемый согласно табл. 7.1;

S - площадь деградированных почв и земель, га;

K_9 - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории экономического района согласно таблице 7.3;

K_c - коэффициент пересчета в зависимости от изменения степени деградации почв и земель, определяемый согласно таблице 7.8.

D_x - годовой доход с единицы площади, тыс. руб.;

K_6 - коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель, определяемый согласно таблице 7.2;

K_u - коэффициент индексации цен.

Таблица 7.2 - Значения коэффициента пересчета (K_6) нормативов стоимости сельскохозяйственных земель (P_c) в формуле (7.1) в зависимости от периода времени по их восстановлению

Номер варианта	Продолжительность периода восстановления	Коэффициент пересчета	Продолжительность периода восстановления	Коэффициент пересчета
1, 11, 17	1 год	0,9	8-10 лет	5,6
2, 12, 18	2 года	1,7	11-15 лет	7,0
3, 13, 19	3 года	2,5	16-20 лет	8,2
4, 14, 20	4 года	3,2	21-25 лет	8,9
5, 15	5 лет	3,8	26-30 лет	9,3
6, 16	6-7 лет	4,6	31 и более лет	10,0

Таблица 7.3 - Коэффициенты (K_3) для расчета размеров ущерба в зависимости от степени загрязнения земель химическими веществами

Номер варианта	Уровень загрязнения	Степень загрязнения земель	K_3
1, 6, 11, 16	1	Допустимая	0
2, 7, 12, 17	2	Слабая	0,3
3, 8, 13, 18	3	Средняя	0,6
4, 9, 14, 19	4	Сильная	1,5
5, 10, 15, 20	5	Очень сильная	2,0

Таблица 7.4 - Коэффициенты (K_3) экологической ситуации и экологической значимости территории

Экономические районы РФ	K_3
Северный	1,4
Северо-Западный	1,3
Центральный	1,6
Волго-Вятский	1,5
Центрально- Черноземный	2,0
Поволжский	1,9
Северо- Кавказский	1,9
Уральский	1,7
Западно-Сибирский	1,2
Восточно-Сибирский	1,1
Дальневосточный	1,1

Таблица 7.5 - Коэффициенты (K_2) для расчета ущерба в зависимости от глубины загрязнения земель

Номер варианта	Глубина загрязнения земель, см	K_2
1, 6, 11, 16	0-20	1,0
2, 7, 12, 17	0-50	1,3
3, 8, 13, 18	0-100	1,5
4, 9, 14, 19	0-150	1,7
5, 10, 15, 20	0->150	2,0

Таблица 7.6 - Показатели уровня загрязнения земель химическими веществами

Элемент, соединение	ПДК	Содержание, мг/кг, соответствующее уровню загрязнения				
		1 уровень допустимый	2 уровень низкий	3 уровень средний	4 уровень высокий	5 уровень очень высокий
Свинец	32	<ПДК	От ПДК до 125	125-250	250-600	>600
Ртуть	2,1	<ПДК	От ПДК до 3	3-5	5-10	>10
Мышьяк	2,0	<ПДК	От ПДК до 20	20-30	30-50	>50
Цинк	23	<ПДК	От ПДК до 500	500-1500	1500-3000	>3000
Бензол	0,3	<ПДК	От ПДК до 1	1-3	3-10	>10
Бенз(а)пирен	0,02	<ПДК	От ПДК до 0,1	0,1-0,25	0,25-0,5	>0,5
Толуол	0,3	<ПДК	От ПДК до 10	10-50	50-100	>100
Хром	90	<ПДК	От ПДК до 250	250-500	500-800	>800
Ванадий	150	<ПДК	От ПДК до 225	225-300	300-350	>350
Олово	4,5	<ПДК	От ПДК до 20	20-50	50-300	>300
Фтор	10	<ПДК	От ПДК до 15	15-25	25-50	>50
Стирол	0,1	<ПДК	От ПДК до 5	5-20	20-50	>50
Сернистые соединения	160	<ПДК	От ПДК до 180	180-250	250-380	>380

Таблица 7.7 - Плата за захламление земель несанкционированными свалками отходов (по состоянию на 12.06.03)

Виды отходов	Единица измерения	Нормативы платы за размещение отходов, руб.
Нетоксичные отходы:		
-добывающей промышленности	т	0,4
-перерабатывающей промышленности	м ³	15,0
- бытовые	м ³	20,0
Токсичные отходы:		
- 1 класс токсичности - чрезвычайно опасные	т	1739,2
- 2 класс токсичности - высоко опасные	т	745,4
- 3 класс токсичности - умеренно опасные	т	497,0
- 4 класс токсичности - малоопасные	т	248,4

Таблица 7.8 - Коэффициенты пересчета
в зависимости от изменения степени деградации почв и земель (K_c)

Номер варианта	Степень деградации почв по данным контрольных обследований	K_c
1, 6, 11, 16	0	0
2, 7, 12, 17	1	0,2
3, 8, 13, 18	2	0,5
4, 9, 14, 19	3	0,8
5, 10, 15, 20	4	1,0

Исходные данные для расчетов

Определите ущерб от загрязнения почв химическими веществами, несанкционированными свалками отходов и ущерб от деградации почв. Результаты занесите в сводную расчетную таблицу.

Контрольные вопросы

1. Дайте понятие деградации земель. Назовите основные типы деградации.
2. Перечислите индикаторные показатели для оценки степени деградации земель.
3. Каков порядок определения ущерба от деградации почв и земель?
4. Как определяется экологический ущерб от загрязнения земель химическими веществами?
5. Каково значение коэффициентов экологической ситуации?

Литература

1. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель. - М.: Комитет по охране природы, 1994.
2. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами (методические указания). - М.: Комитет по охране природы, 1993.
3. Постановление Правительства РФ от 12.06.03 № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления».
4. Постановление Правительства РФ от 28.01.93 № 77 «Об утверждении Положения о порядке возмещения убытков собственникам земли, землевладельцам, землепользователям, арендаторам и потерь сельскохозяйственного производства».
5. Постановление Правительства РФ от 5.08.92 № 555 «Об утверждении Положения о порядке консервации деградированных сельскохозяйственных угодий и земель, загрязненных токсичными промышленными отходами и радиоактивными веществами».
6. Федеральный закон РФ от 24.06.98 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».
7. Голицын, А. Н. Основы промышленной экологии: учебник. – М. : ИПРО, 2012. – 240 с.
8. Охрана окружающей среды: учеб. для вузов / А.С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. – 559 с.
9. Челноков, А. А. Основы промышленной экологии: учеб. пособие / А.А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. – М.: Высш. шк., 2011. – 343 с.
10. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. Разработаны ГипродорНИИ. Одобрены Федеральным дорожным департаментом Министерства транспорта Российской Федерации (протокол от 26 июня 1995 года).
11. ГН 2.1.6.1983-05. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
12. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Временные указания по определению фоновых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе для

нормирования выбросов и установления ПДВ. - Л.: Гидрометеиздат, 1981.

13. Голицын, А. Н. Основы промышленной экологии: учебник. – М.: ИПРО, 2007. – 240 с.

14. Кирпатовский, И. П. Охрана природы: справочник. – М.: Химия, 2008. – 376 с.

15. Новиков, Ю. В. Экология, окружающая среда и человек: учеб. пособие. – М.: ФАИР – ПРЕСС, 2007. – 320 с.

16. Охрана окружающей среды: учеб. для вузов / А.С. Степановских. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2007. – 559 с.

17. Семин, В. А. Основы рационального водопользования и охраны водной среды: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2011. – 320 с.

18. Челноков, А. А. Основы промышленной экологии: учеб. пособие / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. – М.: Высш. шк., 2011. – 343 с.

19. Яковлев, С. В. Водоотводящие системы промышленных предприятий / С. В. Яковлев, А. Я. Карелин. – М.: Стройиздат, 2010. – 511с.

20. Николайкин, Н. И. Экология: учеб. для вузов. – М.: Дрофа, 2008. – 622 с.

21. Стадницкий, Г. В., Родионов, А.И. Основы экологии: учеб. пособие для вузов / Г. В. Стадницкий, А. И. Родионов. – СПб.: Химиздат, 2005. – 88 с.

22. Яковлев, С. В. Водоотводящие системы промышленных предприятий / С. В. Яковлев, А. Я. Карелин. – М.: Из-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.

Учебное издание

**Лиханов Виталий Анатольевич,
Лопатин Олег Петрович**

НОРМАТИВЫ ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебное пособие
для выполнения практических работ

Редактор И.В. Окишева

Формат 60x84 1/16. Объем усл. печ. л. 7,25. Тираж 100 экз.
Бумага офсетная. Цена договорная. Отпечатано с оригинал-макета.
Отпечатано в типографии ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА
610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133