

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Экология машиностроительного производства»
для студентов направления подготовки /специальности
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПРИГОТОВЛЕНИЕ СОЛЕВОЙ ВЫТЯЖКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH ГОСТ 26483-85 (ИСО 10390)	4
Определение обменного кальция и обменного магния ГОСТ 26487-85	5
2 ОТБОР ПРОБ. ВИДЫ ПРОБ	7
Принципы отбора представительных проб	8
Виды проб	8
Виды отбора проб	9
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ЩЕЛОЧНОСТИ И КИСЛОТНОСТИ	11
Величина pH	11
Кислотность	11
Щелочность	12
Ионы водорода и гидроксильные ионы (pH) ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 (ИСО 10523)	12
Кислотность и щелочность	13
4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ХРОМА (VI) ПНДФ 14.1:2.52-96	16
5 ПОСТРОЕНИЕ ГРАДУИРОВОЧНОГО ГРАФИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ХРОМА (VI)	18
6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АЛЮМИНИЯ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ	19
7 ПОСТРОЕНИЕ ГРАДУИРОВОЧНОГО ГРАФИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ АЛЮМИНИЯ (III)	22
8 КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ПО РОСТУ РАСТЕНИЙ	22
8.1 Загрязнение почвы неорганического вещества	23
8.2 Загрязнения почвы органическими веществами	23
ЛИТЕРАТУРА	24

1 ПРИГОТОВЛЕНИЕ СОЛЕВОЙ ВЫТЯЖКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH ГОСТ 26483-85 (ИСО 10390)

Актуальная кислотность связана с активностью ионов в жидких фазах почв и оценивается величиной pH. Иногда под актуальной кислотностью понимают общее количество кислотных компонентов в жидких фазах почв. При таком определении ее нужно оценивать не величиной pH, а определяемым титрованием количеством миллимолей эквивалентов кислот в единице объема исследуемой фазы или в единице массы почвы.

Сущность метода заключается в извлечении обменных катионов, нитратов и подвижной серы из почвы раствором хлорида калия (1 М) при соотношении почвы и раствора 1:2,5 и потенциометрическом определении pH с использованием стеклянного электрода.

РЕАКТИВЫ:

Хлорид калия раствор 1М

ХОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

Образцы почвы в воздушно-сухом состоянии измельчают, пропускают через сито с круглыми отверстиями диаметром 1-2 мм, масса пробы – 30г. Пробу взвешивают на технических весах и пересыпают в конические колбы. К ним приливают по 75 мл экстрагирующего раствора. Почву с раствором перемешивают в течение 1 мин и затем – на встряхивателе в течение 1 часа. Затем пробы фильтруют через бумажные фильтры. Первую мутную порцию фильтрата объемом 10-15 мл отбрасывают. Измеряют величину pH в основном объеме фильтрата. Фильтраты используют для последующего анализа.

Определение обменного кальция и обменного магния

ГОСТ 26487-85

Все легкорастворимые соли считают токсичными для растений. Они увеличивают осмотическое давление почвенной влаги, снижая ее доступность для растений, могут оказывать специфическое токсическое действие и нарушать нормальное соотношение минерального питания растений.

В обычных условиях давления и температуры свойства легкорастворимых солей проявляют карбонаты и гидрокарбонаты щелочей, хлориды и сульфаты щелочных металлов и магния, хлорид кальция, нитраты и нитриты щелочных и щелочноземельных металлов. При оценке засоления почв, как правило, определяют анионы (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}) и катионы (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) легкорастворимых солей.

Сущность метода: титрование кальция Трилоном Б при pH 12,5-13,0 с использованием в качестве индикатора мурексида и магния при pH. 10 с использованием в качестве индикатора хрома кислотного темно-синего.

РЕАКТИВЫ:

Гидроксиламина гидрохлорид

Гидроксид натрия

Трилон Б

Мурексид

Хром кислотный темно-синий

ХОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

1. Определение кальция.

В колбу отбирают 5 мл фильтрата, пробу разбавляют дистиллиро-

ванной водой до объема около 50 мл, прибавляют при непрерывном помешивании 0,5 мл раствора гидроксилamina гидрохлорида, 2 мл раствора гидроксида натрия, 10-15 мг мурексида и титруют кальций раствором Трилона Б до перехода розовой окраски в сиреневую. Аналогично титруют холостую пробу.

2. Определение магния.

После титрования кальция в пробу прибавляют 5 мл аммиачного буфера и титруют магний раствором Трилона Б до перехода окраски от розовой к синей. Аналогично титруют холостую пробу.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ:

Количество эквивалентов Са или Mg в почве (X) в миллимолях на 100 г почвы вычисляют по формуле:

$$X = (V - V_0) \cdot C \cdot 250 / V_1,$$

где V – объем раствора Трилона Б на титрование вытяжки, мл;

V_0 – объем раствора Трилона Б на титрование холостой пробы, мл;

C – концентрация раствора Трилона Б;

250 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

V_1 – объем пробы вытяжки, взятой для титрования, мл.

3. Определение карбонат-иона.

Добавить HCl к сухой пробе. Наличие пузырьков свидетельствует о его наличии.

4. Определение катиона Na.

В пламя горелки поместить проволоку, смоченную в фильтрате. Окрашивание пламени в желтый цвет свидетельствует о его присутствии.

5. Определение сульфат-иона.

В фильтрат добавить несколько капель BaCl_2 наличие осадка свидетельствует о его присутствии.

Результаты запишите в таблицу.

Таблица 1 – Химический состав почвы и её pH

pH	Ca^{2+}	Na^+	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}

2 ОТБОР ПРОБ. ВИДЫ ПРОБ

Для правильной оценки качества воды в водоеме, водотоке, характеристики их химико-биологического состояния, степени загрязнения и т. д. требуется выполнить, по крайней мере, два условия:

- их представительность, или репрезентативность;
- удовлетворительный анализ некоторого минимума проб воды из этого водоема или водотока.

Вопросу репрезентативности проб в гидрохимических исследованиях следует уделять не меньше внимания, чем собственно химическому анализу. Неправильный выбор пунктов, горизонтов, времени наблюдений, ошибки в организации и технике отбора проб приводят даже к более серьезным и неисправимым искажениям получаемой информации, чем и некорректный анализ.

Под репрезентативностью (представительностью) проб понимают их соответствие поставленной задаче как по количеству и объему, так и по выбранным точкам и времени отбора (а также по технике отбора, предварительной обработке, условиям хранения и транспортировки).

Принципы отбора представительных проб

Проба должна представлять водоем или определенную его часть и характеризовать состояние воды за определённый промежуток времени. Степень, до которой одиночная малая проба может считаться характерной для большой водной массы, зависит от следующих факторов:

- однородности отбираемой водной массы;
- размера отдельных проб;
- способа отбора.

Кроме того, предварительная обработка, транспортировка и хранение проб должны производиться таким образом, чтобы в содержании и составе определяемых компонентов и свойствах воды не происходило существенных изменений.

Отбор предварительных проб должен учитывать:

- 1) специфику водоема (морфология, гидрология, характер водосбора и т. д.), т. е. все, что определяет выбор места и частоту отбора;
- 2) специфику определяемых веществ, т. е. все, что определяет физические, химические и биологические свойства водного объекта.

Виды проб

ИСО 5667 – 1 «Руководство по составлению программы отбора проб» устанавливает следующие виды проб:

Разовые пробы – это одиночные пробы, отбираемые в ручную или автоматически у поверхности воды, на определенных глубинах или у дна. Каждая проба обычно характеризует качество воды лишь в данное время и в данном месте. Разовые пробы необходимы для исследования возможного за-

грязнения и определения степени загрязнения.

Периодические пробы – образуются или через определенные промежутки времени, или на определенных участках течения.

Регулярные пробы – взятые при определенных скоростях течения, содержат все компоненты, присутствующие в период отбора, но не дают информации о вариации концентраций определенных веществ в период отбора проб.

Возможно получение простых или смешанных проб, когда в зависимости от вида смешивают несколько отдельных проб в целях снижения затрат и продолжительности анализа.

Смешанные пробы – дают среднее значение о составе вод по времени и по пространству.

Виды отбора проб

В зависимости от цели исследования отбор проб может быть **разовым** (нерегулярным) и **регулярным**, или **серийным**.

Нерегулярный отбор проб используют для периодического определения возможных изменений состава вод в ранее хорошо изученном водоеме. Регулярный отбор проб дает наиболее определенную и надежную информацию о состоянии водоема и качестве его вод.

Место отбора пробы выбирают в соответствии с целями анализа и на основании исследования местности. Чтобы исключить влияние случайных факторов чисто местного характера, особенно внимательно надо обследовать притоки реки и источники загрязнения в её бассейне, находящиеся выше места взятия пробы.

Реки, ручьи. В тех случаях, когда целью исследования не является поверхностный или придонный слой, пробу отбирают на глубине 20 см. от по-

верхности и на таком расстоянии от дна, какое допускает аппаратура для отбора пробы. Пробы отбирают или смешанные по глубине, или в ряде точек в поперечном сечении на стержне потока. Для малых потоков смешанная по глубине проба обычно равнозначна пробе, взятой в центре потока.

Озера, водохранилища, пруды. При детальном исследовании пробы отбирают на станциях (разрезы, полуразрезы) по трехмерной сетке как минимум на двух горизонтах: у поверхности (0,2-0,5 м) и у дна (0,5 м). На промежуточных горизонтах пробы воды берут в зависимости от существующего в это время распределения слоев воды с различной температурой: одну пробу выше слоя температурного скачка, одну в слое скачка и одну ниже слоя температурного скачка.

Атмосферные осадки. Отбор проб атмосферной воды целесообразно проводить вблизи или на метеоплощадках, где одновременно фиксируются метеоусловия. Осадкосборники необходимо размещать на высоте 2 м. от поверхности земли с учетом преобладающего направления ветра.

Частота отбора проб должна определяться изменчивостью концентрации интересующих ингредиентов, которые, в свою очередь, зависят от скорости физико-химических, биохимических и других процессов, режима сброса сточных вод, условий их разбавления и т. п.

На реках имеющих рыбохозяйственное значение, одна или две гидрохимические съемки должны быть приурочены к периоду и местам нереста, массового нагула молоди или ската молоди.

На озерах сроки гидрохимических наблюдений устанавливаются в зависимости от колебаний уровня и температурного режима водоема.

Пробы воды следует брать в следующие важнейшие периоды:

- незадолго до вскрытия озера, т. е. при наименьшем уровне;
- в период обратной стратификации температуры воды;
- весной в период гомотермии.

В проточных озерах с большим колебанием уровня:

- при наивысшем уровне;
- в период летней стагнации;
- во время большего нагрева воды и низкого уровня;
- осень незадолго до ледостава.

Объем проб в зависимости от задачи исследования может варьировать от 1 – 2 до 15 л. и более.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ЩЕЛОЧНОСТИ И КИСЛОТНОСТИ

Величина pH

Величина pH обычно варьируется в речных водах 6,5–8,5, атмосферных осадках 4,6–6,1, болотах 5,5–6,0, океане 7,9–8,3. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным изменениям. Зимой величина pH для большинства речных вод составляет 6,8–7,4, летом 7,4–8,2.

Кислотность

Кислотностью называют содержание веществ, вступающих в реакцию с гидроксил-ионами. К этим веществам относят:

1. сильные кислоты;
2. слабые кислоты;
3. катионы слабых оснований.

Щелочность

Щелочность воды в значительной степени обуславливается содержанием гидрокарбонатных и карбонатных ионов. Щелочность – это концентрация суммы анионов слабых кислот, присутствующих в водах.

Ионы водорода и гидроксильные ионы (pH)

Содержание ионов водорода в природных водах в основном определяется количественным соотношением концентраций угольной кислоты и её ионов. В воде угольная кислота диссоциирует, поэтому воды, содержащие большое количество растворенного диоксида углерода, имеют, кислую реакцию, при диссоциации гидрокарбонатов кальция и магния также образуются ионы HCO_3 . Увеличение их концентрации ведет к увеличению pH вследствие гидролиза.

Для поверхностных вод, содержащих небольшие количества CO_2 , характерна щелочная реакция. Изменение величины pH тесно связаны с процессами фотосинтеза (из-за потребления CO_2 водной растительностью) и распада органических веществ. Источником ионов водорода являются также гумусовые кислоты, присутствующие в кислых почвах, перегное и болотных водах.

pH воды – один из важнейших показателей качества вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах.

От величины pH зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон.

В то же время имеется и обратная связь – pH определяется, в том числе

и жизнедеятельностью водных растений.

Определение величины рН производится потенциометрическим методом со стеклянным индикаторным электродом. Величину рН при анализе воды определяют в свежесобранных пробах, длительное хранение проб не допускается.

Кислотность и щелочность

Кислотностью называют содержание веществ, вступающих в реакцию с гидроксил-ионами. К этим веществам относят:

1. сильные кислоты, полностью диссоциирующие в разбавленных растворах с образованием ионов водорода (соляная кислота, азотная кислота и т. п.);
2. слабые кислоты (уксусная кислота, сернистая кислота, угольная кислота, свободный сероводород и т. п.);
3. катионы слабых оснований (ионы аммония, железа, алюминия, органических оснований).

Для определения общей кислотности воды надо применять индикаторы, цвет которых изменяется в слабощелочной среде, или проводить титрование потенциометрическим методом. Наиболее подходящим индикатором является тимолфталейн, хотя в большинстве случаев можно пользоваться фенолфталейном (окраска появляется при рН 8,4).

Для точного определения кислотности рекомендуется проводить определение на месте. Если это невозможно, то отбирают пробу в особую склянку емкостью не менее 0,5 л., снабженную притертой пробкой. Заполненную доверху склянку закрывают притертой пробкой, вытесняя из бутылки все воздушные пузырьки. Пробу анализируют не позже чем через сутки.

РЕАКТИВЫ: Фенолфталеин

Метилоранж

Гидроксид натрия 0,1 Н

ХОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

1. *Свободная кислотность*. Она определяется, если рН пробы менее 4,5 (кислая реакция по метилоранжу), т. е. свободную кислоту. Свободная кислотность не определяется, если проба содержит гидролизованные соли сильных кислот и слабых оснований.

К 50-100 мл. анализируемой воды добавляют 2 капли метилоранжа и титруют на белом фоне 0,1 раствором NaOH.

2. *Общая кислотность*. К 50-100 мл. анализируемой воды прибавляют 10 капель фенолфталеина и титруют раствором NaOH до появления исчезающего розового окрашивания.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ:

Расчет ведут по формулам:

$$OK = B \cdot 0,1 \cdot 100 / V$$

где А – объем раствора NaOH, израсходованный на титрование по метилоранжу, мл

В – объем раствора NaOH, израсходованный на титрование по фенолфталеину, мл.

V – объем пробы, мл.

Щелочность воды в значительной степени обуславливается содержанием гидрокарбонатных и карбонатных ионов. Щелочность – это концентрация суммы анионов слабых кислот, присутствующих в водах. Различают 3 формы щелочности – свободную, карбонатную и общую.

Свободная щелочность обусловлена гидроксильными и карбонатными ионами.

Карбонатная щелочность зависит от наличия в воде только анионов угольной кислоты.

Общая щелочность обусловлена присутствием в воде анионов слабых кислот органического и неорганического происхождения, а также гидроксильных ионов.

Основным источником гидрокарбонат- и карбонат-ионов в поверхностных водах являются процессы химического выветривания и растворения карбонатных пород типа известняков, мергелей, доломитов.

Значительные количества гидрокарбонатов поступают с атмосферными осадками.

Щелочность является важной характеристикой поверхностных вод, по которой можно судить о важнейших гидрохимических и геохимических процессах, таких как формирование химического состава вод, эрозия земной поверхности, образование осадочных пород, в частности, карбонатных.

Величину щелочности вместе со значением pH воды используют для расчетов компонентов карбонатного равновесия, для расчетов баланса угольной кислоты, что необходимо при исследовании карбонатной системы водоема.

РЕАКТИВЫ: Бромфеноловый синий

Соляная или серная кислота 0,1 Н

Гидроксид натрия 0,1 Н

ХОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

В коническую колбу помещают 100 мл. анализируемой воды, приливают 5 капель фенолфталеина и содержимое колбы титруют кислотой до исчезновения розовой окраски. Израсходованное на титрование количество кислоты и соответствует щелочности воды по фенолфталеину, т. е. содержанию в ней второй группы веществ.

Затем в коническую колбу приливают 5-6 капель раствора бромфеноло-

вого синего. В другую колбу наливают такой же объем анализируемой воды и столько же индикатора, сколько было введено в первый раствор. Ставят обе колбы на белую бумагу и титруют жидкость в первой колбе кислотой до тех пор, пока цвет её не станет отличаться от цвета жидкости во второй колбе.

Расход титрованного раствора кислоты на второе титрование показывает содержание в воде веществ третьей группы, а общее количество израсходованного на титрование раствора кислоты – *общую щелочность анализируемой воды*.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ:

Расчет ведут по формулам аналогично расчету кислотности. Полученные результаты заносятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений

Проба №	pH.	Кислотность.	Щелочность.

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ХРОМА (VI)

ПНДФ 14.1:2.52-96

В поверхностные воды соединения Cr(III) и Cr(VI) попадают в результате выщелачивания их из пород (серпентинитов и других хромосодержащих минералов). Некоторые количества хрома поступают в воду в процессе разложения организмов и растений, из почв, особенно на сформировавшихся над обогащенных хромом породах, становится более устойчивой. Кроме того, происходит оседание частичек минерального остатка почвы, раствор становится прозрачным и не требует фильтрования или центрифугирования.

Одновременно ведут холостое определение, которое проводят через все стадии анализа, но в конические колбы вносят небольшое количество прокаленного песка или пемзы.

Значительные количества хрома могут поступать в водоемы со сточными водами гальванических цехов машиностроительных, станкостроительных автомобильных, авиационных заводов, красильных цехов, текстильных предприятий, кожевенных заводов и предприятий химической промышленности. Мощным источником Cr (VI) является производство шифера.

Соединения Cr (VI) и Cr (III) в повышенных количествах обладают канцерогенными свойствами. Содержание их в водоемах не должно превышать предельно допустимую концентрацию.

Сущность метода: метод основан на взаимодействии ионов Cr(VI) в слабокислой среде с дефинилкарбазидом с образованием растворимого красно-фиолетового комплексного соединения.

Диапазон измеряемых концентраций 0,02-1,0 мг/дм³.

РЕАКТИВЫ: Гидроксид натрия раствор 1 М;

Серная кислота раствор 0,5 М раствор 1:1

1,5- дефинилкарбазид раствор 0,1% в этаноле

Основной градуировочный раствор – 1 мг/мл Cr(VI)

Рабочий градуировочный раствор – 0,05 мг/мл Cr(VI) (р-р 1)

Рабочий градуировочный раствор – 0,002 мг/мл Cr(VI) (р-р 2)

ХОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

1. Построение калибровочного графика.
2. проведение анализа.

В мерную колбу вместимостью 100 см³ помещают объем прозрачной профильтрованной пробы, чтобы в нем содержалось от 0,005 до 0,1 мг Cr(VI). Пробу нейтрализуют раствором гидроксида натрия 1 М или раствором сер-

ной кислоты 0,5 М, контролируя по индикаторной бумаге. Затем 1,0 см³ раствора серной кислоты (1:1). 0,3 см³ концентрированной ортофосфорной Кислоты 2,0 раствора 1,5-дефинилкарбазида перемешивая пробу после добавления реактива. Доводят объем до 100 см³ бидистиллированной водой и снова перемешивают. Спустя 10 мин измеряют оптическую плотность при длине волны 540 нм в кюветах длиной 20 мм (30 мм) относительно бидистиллированной воды. Из измеренной величины вычисляют оптическую плотность определения.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ:

Массовая концентрация Cr(VI) мг/л находят по формуле:

$$[\text{Cr(VI)}] = c \cdot 100 / V,$$

где С – массовая концентрация Cr(VI) , найденная по градуировочному графику;

V – объем профильтрованной сточной воды, мл;

100 – объем мерной колбы, на которой проводится фотометрирование окрашенного раствора.

5 ПОСТРОЕНИЕ ГРАДУИРОВОЧНОГО ГРАФИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ХРОМА (VI)

Для построения калибровочного графика стандартного раствора бихромата калия (концентрация 1 мг/мл) готовы 100 мл рабочего раствора (концентрация составит 1 мг/л по Cr(VI)). В мерные колбы объемом 100 мл помещают 0,0 (холостая проба), 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 мл рабочего раствора. Добавляют 0,3 мл концентрированной фосфорной кислоты, 0,5 мл раствора 2 н серной кислоты, 0,5 мл раствора дифенилкарбазида (следует соблюдать строгую последовательность добавления реактивов), доводят ди-

стиллированной водой до метки и перемешивают. Через 10-15 мин определяют оптическую плотность растворов. Градуировочный график строят в координатах «д-оптическая плотность с-концентрация Cr^{6+} в мг/л».

6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АЛЮМИНИЯ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ

Основным естественным источником алюминия в поверхностных водах является поступление в результате частичного растворения глин и алюмосиликатов. Существенными источниками соединений алюминия являются сточные воды некоторых металлургических предприятий, текстильных, керамических фабрик, а также многих других производств применяющих соли алюминия при водоподготовке.

Алюминий присутствует в воде в ионной, коллоидной и взвешенной формах. Низкая величина рН выпадения гидроксида алюминия определяет его относительно невысокую миграционную способность.

Алюминий обычно содержится в поверхностных водах в концентрациях порядка 10^{-3} -10 мг/л, исключение составляют некоторые содовые рассолы и кислые воды.

Большие дозы алюминия угнетают водные организмы, в т ч одноклеточные, останавливают рост изолированных тканей, подавляют активность слюнных и желудочных ферментов.

Сущность метода: метод основан на способности иона алюминия образовывать с алюминоном лак оранжево-красного цвета, представляющий собой комплексное соединение. Реакция осуществляется слабокислом растворе при рН 4,5-6,5 в присутствии сульфата аммония в качестве стабилизатора окраски лака, которая фотометрируется при длине волны 525 нм.

Диапазон определяемых концентраций 0,04-0,50 мг/л.,

РЕАКТИВЫ:

Квасцы алюмокалиевые

Алюминон (аммонийная соль ауринтрикарбоновой кислоты)

Аммоний сульфат

Натрий ацетат

Натрия гидроксид

Кислота аскорбиновая

Кислота соляная плотность 1,19 г/мл

Кислота уксусная

Аммоний персульфат

Готовят основной градуировочный раствор с массовой концентрацией алюминия 0,1 мг/мл, концентрированный ацетатный буфер (pH 4,8-5,0) разбавленный ацетатный буфер (pH 4,8-5,0), раствор гидроокиси натрия. раствор алюминона, раствор сульфата аммония.

Приготовление реакционной смеси: смешивают в соотношении 1 : 2 : 22 объемные части растворов сульфата аммония, алюминона и разбавленного ацетатного буфера. Раствор в темной герметичной склянке устойчив не менее 1 месяца. В день анализа в необходимом объеме реакционной смеси растворяют аскорбиновую кислоту по 30 мг на каждые 25 мл смеси.

Раствор персульфата аммония готовят непосредственно перед проведением анализа из расчета 5,0 г соли на 10 мл дистиллированной воды и перемешивают до полного растворения соли.

ХОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

1. Построение калибровочного графика.

2. Проведение анализа.

Мешающее влияние железа (III), образующего аналогично окрашенное

соединение, устраняется восстановлением его аскорбиновой кислотой, при этом устраняется также влияние остаточного хлора при концентрации его до 0,5 мг/л.

В пробе воды, содержащей фториды в концентрациях не более 0,3 мг/л, фосфаты и полифосфаты в концентрациях не более 0,2 мг/л, а также не содержащей органических веществ (фульвокислот, аминополикарбоновых кислот), связывающих алюминий в прочные комплексы, алюминий определяется непосредственно. Для этого в мерную колбу или коническую колбу емкостью 50 мл помещают 25 мл предварительно законсервированной пробы воды. Приливают 25 мл реакционной смеси и раствор перемешивают. В случае отсутствия реакционной смеси к 25 мл пробы приливают 1 мл сульфата аммония, добавляют 30 мг аскорбиновой кислоты, раствор перемешивают и приливают 2 мл раствора алюминона. Раствор снова **ТЩАТЕЛЬНО ПЕРЕМЕШИВАЮТ** и доводят до метки разбавленным ацетатным буфером.

При содержании фторидов более 0,3 мг/л, фосфатов и полифосфатов более 0,2 мг/л, а также при наличии органических веществ для устранения их мешающего влияния пробу воды предварительно обрабатывают надсерно-кислым аммонием.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ:

Массовая концентрация алюминия (мг/л) находят по формуле:

$$[Al^{3+}] = C / V$$

где C – концентрация алюминия, найденная по калибровочному графику

V – объем пробы воды, взятый для анализа.

7 ПОСТРОЕНИЕ ГРАДУИРОВОЧНОГО ГРАФИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ АЛЮМИНИЯ (III)

Для построения калибровочного графика готовят 100 мл рабочего раствора. Для этого взвешивают 1 г алюминия, растворяют его в 20 мл соляной кислоты (50% HCl) и доводят до 100 мл дистиллированной водой. В мерные колбы объемом 100 мл помещают 0,0; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 мл рабочего раствора, доводят до метки дистиллированной водой и перемешивают. Через 10-15 мин определяют оптическую плотность растворов. Градуировочный график строят в координатах «оптическая плотность Д-концентрация Cr^{+6} в мг/л»

8 КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ПО РОСТУ РАСТЕНИЙ

Основным показателем, используемым для комплексной оценки состояния почв, является *фитотоксичность*.

Международный стандарт ИСО 11269-1 устанавливает метод быстрой оценки качества почвы по сравнению скорости роста корней растения в стандартных

Увлажнение почвы и засевание семян.

В 2 чашки Петри (контрольная и опытная) вносят по 50 г воздушно-сухой почвы (воздушно-сухой называется почва, высушенная при атмосферной влажности), добавляют по 20 семян пшеницы и увлажняют в контрольную чашку. Петри добавляют дистиллированную воду, в опытную — воду, содержащую загрязняющие вещества. Зная концентрацию загрязнений в воде, делают перерасчет содержания загрязнений на 1г почвы. Чашки закрывают и оставляют на неделю. Через неделю определяют всхожесть семян и среднюю длину корешков пшеницы (либо общую массу растений), сравни-

вают с контрольной пробой. Делают вывод о влиянии внесенных добавок загрязняющих веществ на качество почвы

8.1 Загрязнение почвы неорганического вещества

В качестве загрязнителя выбирается неорганическое вещество: кислота, основание, либо соль. Проводят все вышеперечисленные операции и через неделю определяют всхожесть семян и среднюю длину корешков семян.

8.2 Загрязнения почвы органическими веществами

В качестве загрязнителей выбирается либо нефтепродукт, либо другое органическое вещество, опыт проводится аналогично, через неделю определяют всхожесть семян и среднюю длину корешков семян.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонова И.О., Тарасов В.В. Практикум по химическим методам анализа в экологическом мониторинге. – Москва, 2002

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ дисциплине
«Экология машиностроительного производства» для студентов
направления подготовки
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машинострои-
тельных производств»
Направленность (профиль) Технология машиностроения

Ставрополь 2026

Практическое занятие № 1

Расчет максимальной концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы при выбросе нагретой газовой смеси от одиночного точечного источника

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_m (мг/м³) при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии X_m (м) от источника и определяется по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot t \cdot n \cdot \eta}{H^2 (V_1 \Delta T)^{1/3}}, \quad (1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

t, n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

H – высота источника выброса над уровнем земли (для наземных источников при расчетах принимается $H=2$ м), м;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности; в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta=1$.

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха T_b , °С;

V_1 – расход газовой смеси, м³/с, определяемый по формуле:

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

где D – диаметр устья источника выброса, м;

ω_0 – средняя скорость выхода газовойздушной смеси из устья источника выброса, м/с.

Значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным:

- 1) 250 – для районов Средней Азии южнее 40° с.ш., Бурятии и Читинской области;
- 2) 200 – для Европейской территории бывшего СССР: для районов России южнее 50° с. ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, Молдовы; для Азиатской территории России: для Казахстана, Дальнего Востока и остальной территории Сибири и Средней Азии;
- 3) 180 – для Европейской территории России и Урала от 50 до 52° с. ш. за исключением попадающих в эту зону перечисленных выше районов и Украины;
- 4) 160 – для Европейской территории России и Урала севернее 52° с. ш. (за исключением Центра ЕТС), а также для Украины (для расположенных на Украине источников высотой менее 200 м в зоне от 50 до 52° с. ш. – 180, а южнее 50° с. ш. – 200);
- 5) 140 – для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей.

Необходимо отметить, что значения M (г/с) следует относить к 20-30-минутному периоду осреднения, в том числе и в случаях, когда продолжительность выброса менее 20 мин. При определении значения ΔT , $^\circ\text{C}$, следует принимать температуру окружающего атмосферного воздуха $T_{\text{в}}$, $^\circ\text{C}$, равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца по СНиП 2.01.01–82, а температуру выбрасываемой

в атмосферу газовой воздушной смеси T_r , °С, – по действующим для данного производства технологическим нормативам. Для котельных, работающих по отопительному графику, допускается при расчетах принимать значения T_v равными средним температурам наружного воздуха за самый холодный месяц по СНиП 2.01.01–82.

Значение безразмерного коэффициента F принимается:

- 1) для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы, и т.п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) – 1;
- 2) для мелкодисперсных аэрозолей (кроме указанных в п. а) при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90% – 2; от 75 до 90% – 2,5; менее 75% и при отсутствии очистки – 3.

Значения коэффициентов m и n определяются в зависимости от параметров f , v_M , v'_M и f_e :

$$f = 1000 \cdot \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \cdot \Delta T}; \quad (3)$$

$$v_M = 0,65 \cdot (V_1 \cdot \Delta T / H)^{1/3}; \quad (4)$$

$$v'_M = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H}; \quad (5)$$

$$f_e = 800 \cdot (v'_M)^3. \quad (6)$$

Коэффициент m определяется в зависимости от f по формулам:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100; \quad (7)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \text{ при } f \geq 100. \quad (8)$$

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

Коэффициент n при $f < 100$ определяется в зависимости от v_M по формулам:

$$n = 1 \text{ при } v_M \geq 2; \quad (9)$$

$$n = 0,532 \cdot v_M^2 - 2,13 \cdot v_M + 3,13 \text{ при } 0,5 \leq v_M < 2; \quad (10)$$

$$n = 4,4 \cdot v_M \text{ при } v_M < 0,5. \quad (11)$$

Пример расчета

Исходные данные. Источником загрязнения атмосферы является труба котельной для технологических нужд в г. Пенза. Источник имеет следующие параметры: высота $H=30$ м, диаметр устья $D=1$ м, скорость выхода газовой смеси из устья $\omega_0=7,06$ м/с, ее расход $V_1=5,54$ м³/с, температура $T_r=160^\circ\text{C}$. Массовый выброс диоксида азота $M=4,1$ г/с и оксида углерода $M=11,4$ г/с. Местность ровная.

Решение. Величина C_m определяется по формуле (1). Коэффициент A для г. Пензы равен 160. Коэффициент $F=1$ для газообразных загрязняющих веществ. Котельная предназначена для технологических нужд (не отопительная), то есть нагрузка на котлы и массовые выбросы загрязняющих веществ одинаковы в теплый и холодный периоды года. Поэтому принимаем температуру наружного воздуха для наиболее невыгодного случая (в теплый период) равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца по СНиП 2.01.01–82 $T_b=25,3^\circ\text{C}$. Тогда $\Delta T=T_r-T_b=(160-25,3)=134,7^\circ\text{C}$. Для ровной местности коэффициент, учитывающий влияние рельефа, $\eta=1$. Для определения коэффициентов m и n необходимо рассчитать параметры f , v_m , v'_m и f_e (3)–(6) соответственно:

$$f = \frac{1000 \cdot 7,06^2 \cdot 1}{30^2 134,7} = 0,411,$$

$$v_m = 0,65 \cdot ((5,54 \cdot 134,7)/30)^{1/3} = 1,9,$$

$$v'_m = \frac{1,3 \cdot 7,06 \cdot 1}{30} = 0,306,$$

$$f_e = 800 \cdot (0,306)^3 = 22,9.$$

Коэффициент m определяется по формуле (7):

$$m = 1/(0,67 + 0,1 \cdot (0,411)^{1/2} + 0,34 \cdot (0,411)^{1/3}) = 1,013.$$

Коэффициент n определяется по формуле (10):

$$n = 0,532 \cdot 1,9^2 - 2,13 \cdot 1,9 + 3,13 = 1,003.$$

Тогда для диоксида азота:

$$C_m = \frac{160 \cdot 4,1 \cdot 1 \cdot 1,013 \cdot 1,003 \cdot 1,0}{30^2 \cdot (5,54 \cdot 134,7)^{1/3}} = 0,0816 \text{ мг/м}^3.$$

Для оксида углерода:

$$C_m = \frac{160 \cdot 1,14 \cdot 1 \cdot 1,013 \cdot 1,003 \cdot 1,0}{30^2 \cdot (5,54 \cdot 134,7)^{1/3}} = 0,023 \text{ мг/м}^3.$$

ПДК для диоксида азота и оксида углерода соответственно равны 0,085 и 5 мг/м³, следовательно $C_m < \text{ПДК}$ для обоих веществ (без учета фоновых концентраций и других ИЗА, выбрасывающих эти вещества).

Задание

Условие задачи смотрите в приложении 1.

Рассчитать максимальную концентрацию загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы от одиночного источника выбросов.

Вопросы к практическому занятию №1

1. Дать классификацию источников выброса вредных веществ по высоте.
2. По какой формуле определяется максимальное значение приземной концентрации (C_m) при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника?
3. Объяснить значения каждого параметра в формуле расчета максимального значения приземной концентрации (C_m) при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника.
4. Какой интервал осреднения принимают для определения массы выброса загрязняющего вещества?
5. Что характеризует коэффициент F ? Какие значения этого коэффициента принимаются, и при каких условиях?

Практическое занятие № 2

Расчет максимальной концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы при выбросе холодной газовой смеси от одиночного точечного источника

Величину максимальной приземной концентрации вредного вещества C_m (мг/м³) при выбросе холодной газовой смеси (выброс считается холодным, если $\Delta T=0$ или $f \geq 100$ и $v'_M \geq 0,5$) из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии X_m (м) от источника и определяется по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot K, \quad (12)$$

$$\text{где } K = D/8 \cdot V_1 = 1/(7,1 \cdot (\omega_0 V_1)^{1/2}). \quad (13)$$

Коэффициенты A , F , η принимаются также, как и для нагретых источников.

Коэффициент n определяется по формулам (9) – (11) при $v_M = v'_M$.

(Расчет проводят аналогично источнику с горячим выбросом).

Задание

Условие задачи смотрите в приложении 1.

Рассчитать максимальную концентрацию загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы от одиночного источника выбросов с холодным выбросом.

Вопросы к практическому занятию № 2

1. Дать классификацию выбросов вредных веществ по разности температур газовой смеси и окружающей среды (ΔT).
2. По какой формуле определяется максимальное значение приземной концентрации (C_m) при выбросе холодной газовой смеси из

одинокного точечного источника?

3. Объяснить значения каждого параметра в формуле расчета максимального значения приземной концентрации (c_m) при выбросе холодной газовой смеси из одиночного точечного источника.

Практическое занятие № 3

Расчет расстояния от источника выброса, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения

Расстояние X_m (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация C (мг/м³) при НМУ достигает максимального значения C_m (мг/м³), определяется по формуле:

$$X_m = (5 - F)/4 \cdot d \cdot H, \quad (14)$$

где безразмерный коэффициент d при $f < 100$ находится по формулам:

$$d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e}) \text{ при } v_m \leq 0,5; \quad (15)$$

$$d = 4,95 \cdot v_m (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e}) \text{ при } 0,5 < v_m \leq 2; \quad (16)$$

$$d = 7 \cdot v_m^{1/2} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e}) \text{ при } v_m > 2. \quad (17)$$

При $f > 100$ или $\Delta T = 0$ значение d находится по формулам:

$$d = 5,7 \text{ при } v'_m \leq 0,5; \quad (18)$$

$$d = 11,4 \cdot v'_m \text{ при } 0,5 < v'_m \leq 2; \quad (19)$$

$$d = 16 \cdot \sqrt{v'_m} \text{ при } v'_m > 2. \quad (20)$$

Пример расчета

Исходные данные принять из примера 1.

Решение. Величину X_m определяем по формуле (14), где безразмерный коэффициент d по зависимости (16) равен:

$$d = 4,95 \cdot 1,9 \cdot (1 + 0,28(0,411)^{1/3}) = 11,36.$$

Тогда

$$X_m = ((5 - 1)/4) \cdot 11,36 \cdot 30 = 341 \text{ м.}$$

Значения C_m и X_m определены для опасной скорости ветра $u_m = v_m = 1,9 \text{ м/с}$.

Задание

Условие задачи смотрите в приложении 1.

Рассчитать расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения.

Вопросы к практическому занятию № 3

1. По какой формуле определяется расстояние (x_m) от источника выбросов, на котором приземная концентрация при НМУ достигает максимального значения c_m ?
2. Объяснить значения каждого параметра в формуле расчета расстояния x_m для одиночного точечного источника выброса с нагретой газовойоздушной смесью ($\Delta T > 0$).
3. Объяснить значения каждого параметра в формуле расчета расстояния x_m для одиночного точечного источника выброса с холодной газовойоздушной смесью ($\Delta T = 0$).

Практическое занятие № 4

Расчет опасной скорости ветра u_m (м/с). Расчет максимального значения приземной концентрации вредного вещества $C_{ми}$ (мг/м³) при неблагоприятных метеорологических условиях и скорости ветра, отличающейся от опасной скорости ветра

Значение опасной скорости u_m (м/с) на уровне флюгера (обычно 10 м от

уровня земли), при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ C_M (мг/м³), в случае $f < 100$ определяется по формулам:

$$u_M = 0,5 \text{ при } v_M \leq 0,5; \quad (21)$$

$$u_M = v_M \text{ при } 0,5 < v_M \leq 2; \quad (22)$$

$$u_M = v_M \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f}) \text{ при } v_M > 2. \quad (23)$$

При $f \geq 100$ или $\Delta T = 0$ значение u_M , вычисляется по формулам:

$$u_M = 0,5 \text{ при } v'_M \leq 0,5; \quad (24)$$

$$u_M = v'_M \text{ при } 0,5 < v'_M \leq 2; \quad (25)$$

$$u_M = 2,2 \cdot v'_M \text{ при } v'_M > 2. \quad (26)$$

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества $C_{ми}$ (мг/м³) при НМУ и скорости ветра u (м/с), отличающейся от опасной скорости ветра u_M (м/с), определяется по формуле:

$$C_{ми} = r \cdot C_M \quad (27)$$

где r – безразмерная величина, определяемая в зависимости от отношения u/u_M и по формулам:

$$r = 0,67 \cdot (u/u_M) + 1,67 \cdot (u/u_M)^2 - 1,34 \cdot (u/u_M)^3 \text{ при } u/u_M \leq 1; \quad (28)$$

$$r = \frac{3 \cdot (u/u_M)}{2 \cdot (u/u_M)^2 - (u/u_M) + 2} \text{ при } u/u_M > 1. \quad (29)$$

Расстояние от источника выброса $X_{ми}$ (м), на котором при скорости ветра u (м/с) и НМУ приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения $C_{ми}$ (мг/м³), определяется по формуле:

$$X_{ми} = p \cdot X_M, \quad (30)$$

где p – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения u/u_M и по формулам:

$$p = 3 \text{ при } u/u_M \leq 0,25; \quad (31)$$

$$p = 8,43 \cdot (1 - u/u_M)^5 + 1 \text{ при } 0,25 < u/u_M \leq 1; \quad (32)$$

$$p = 0,32 \cdot u/u_M + 0,68 \text{ при } u/u_M > 1. \quad (33)$$

Пример расчета

Исходные данные принять из примера 1.

Решение. По предварительным расчетам задачи установлено, что коэффициент $f < 100$ и равен 0,411. Параметр $v_m = 1,9$ м/с и удовлетворяет условию $0,5 < v_m \leq 2$, поэтому принимаем значение опасной скорости ветра $u_m = v_m = 1,9$ м/с.

Определим максимальное значение приземной концентрации вредного вещества $C_{ми}$ (мг/м³) при НМУ и скорости ветра $u = 2,5$ м/с, отличающейся от опасной скорости ветра v_m (м/с). Т. к. $u/v_m = 1,316 > 1$, по формуле (29) определим параметр $r = \frac{3 \cdot (2,5/1,9)}{2 \cdot (2,5/1,9)^2 - (2,5/1,9) + 2} = 4,15$. По формуле (27) рассчитаем максимальное значение приземной концентрации вредного вещества $C_{ми}$ для диоксида азота: $C_{ми} = 4,15 \cdot 0,0816 = 0,0339$ мг/м³. Для оксида углерода: $C_{ми} = 4,15 \cdot 0,023 = 0,0955$ мг/м³.

Расстояние от источника выброса $X_{ми}$ (м), на котором при скорости ветра u и НМУ приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения $C_{ми}$ (мг/м³), рассчитаем по формуле (30). Предварительно определим безразмерный коэффициент p из условий (31) – (33). Т. к. $u/v_m = 1,316 > 1$, то по условию (33) $p = 0,32 \cdot 2,5/1,9 + 0,68 = 1,1$, тогда $X_{ми} = 1,1 \cdot 341 = 375,1$ м.

Задание

Условие задачи смотрите в приложении 1.

Рассчитать опасную скорость ветра u_m (м/с). Рассчитать максимальное значение приземной концентрации вредного вещества $C_{ми}$ (мг/м³) при неблагоприятных метеорологических условиях и скорости ветра, отличающейся от опасной скорости ветра.

Вопросы к практическому занятию № 4

1. На каком расстоянии от поверхности земли определяют значение опасной скорости ветра?

2. По каким формулам определяется значение опасной скорости ветра для нагретой газовой воздушной смеси?
3. По каким формулам определяется значение опасной скорости ветра для холодной газовой воздушной смеси?
4. По какой формуле определяется значение приземной концентрации вредного вещества ($c_{ми}$) при НМУ и скорости ветра, отличающейся от опасной?
5. Объяснить значения каждого параметра в формуле расчета приземной концентрации вредного вещества ($c_{ми}$) при НМУ и скорости ветра, отличающейся от опасной.
6. По какой формуле определяется расстояние от источника выброса ($x_{ми}$), на котором при НМУ и скорости ветра, отличающейся от опасной, приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения ($c_{ми}$)?
7. Объяснить значения каждого параметра в формуле расчета расстояние от источника выброса ($x_{ми}$), на котором при НМУ и скорости ветра, отличающейся от опасной, приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения ($c_{ми}$).

Практическое занятие № 5

Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ в атмосфере C (мг/м³), по оси факела выброса на различных расстояниях X (м), от источника загрязнения атмосферы при опасной скорости ветра u_m (м/с)

При опасной скорости ветра u_m (м/с) приземная концентрация вредных веществ C (мг/м³), в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях X (м), от источника выброса определяется по формуле:

$$C = s_1 \cdot C_m, \quad (34)$$

где s_1 — безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от

отношения X/X_M и коэффициента F по формулам:

$$s_1 = 3 \cdot (X/X_M)^4 - 8 \cdot (X/X_M)^3 + 6(X/X_M)^2 \text{ при } X/X_M \leq 1; \quad (35)$$

$$s_1 = 1,13 / (0,13 \cdot (X/X_M)^2 + 1) \text{ при } 1 < X/X_M \leq 8; \quad (36)$$

$$s_1 = (X/X_M) / (3,85 \cdot (X/X_M)^2 - 35,2 \cdot (X/X_M) + 120) \text{ при } F \leq 1,5 \text{ и } X/X_M > 8; \quad (37)$$

$$s_1 = 1 / (0,1 \cdot (X/X_M)^2 + 2,47 \cdot (X/X_M) - 17,8) \text{ при } F > 1,5 \text{ и } X/X_M > 8. \quad (38)$$

Для низких и наземных источников (высотой H не более 10 м) при значениях $X/X_M < 1$ величина s_1 в (34) заменяется на величину s_1^H , определяемую в зависимости от X/X_M и H по формуле:

$$s_1^H = 0,125 \cdot (10 - H) + 0,125 \cdot (H - 2) \cdot s_1 \text{ при } 2 \leq H < 10. \quad (39)$$

Пример расчета

Исходные данные принять из примера 1 для оксида углерода.

Решение. Величина C определяется по формуле (34), где s_1 рассчитывается в зависимости от отношения X/X_M по формулам (35) – (38).

Зададимся интервалами значений X , например 50 м при $X/X_M < 1$.

Для $X=50$ м коэффициент s_1 по формуле (35) равен:

$$s_1 = 3 \cdot (50/341)^4 - 8 \cdot (50/341)^3 + 6(50/341)^2 = 0,106.$$

Тогда по формуле (34):

$$C = 0,106 \cdot 0,023 = 0,0024 \text{ мг/м}^3.$$

Для $X=400$ м коэффициент s_1 рассчитываем по формуле (36) равен:

$$s_1 = 1,13 / (0,13 \cdot (400/341)^2 + 1) = 0,959.$$

Тогда по формуле (34) для $X=400$ м

$$C = 0,959 \cdot 0,023 = 0,0221 \text{ мг/м}^3.$$

Для остальных значений X расчеты концентраций C сводим в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Расчет концентраций загрязняющего вещества по оси факела выброса

$X, \text{ м}$	X/X_m	S_1	$C, \text{ мг/м}^3$
1	2	3	4
50	0,147	0,105	0,0024
100	0,293	0,336	0,0077
150	0,44	0,592	0,0136
200	0,587	0,805	0,0185
250	0,733	0,939	0,0216
300	0,88	0,994	0,0229
341	1	1	0,023
400	1,173	0,959	0,022
600	1,76	0,806	0,0185
800	2,346	0,659	0,0152
1000	2,933	0,534	0,0123
1200	3,519	0,433	0,01

На основании данной таблицы строим графическую зависимость $C=f(X)$.

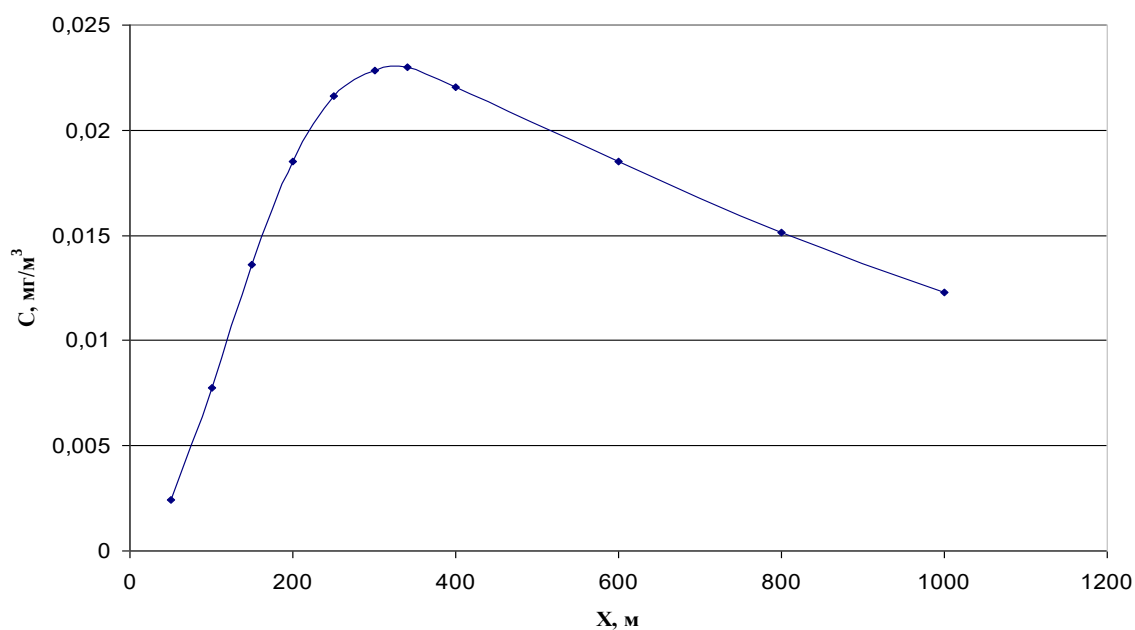


Рисунок 5.1 – Графическая зависимость $C=f(X)$ изменения концентрации загрязняющих веществ по оси факела выброса

Задание

Условие задачи смотрите в приложении 1.

Рассчитать приземную концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере C (мг/м³), по оси факела выброса на различных расстояниях X (м), от источника загрязнения атмосферы при опасной скорости ветра u_m (м/с).

Вопросы к практическому занятию № 5

1. По какой формуле рассчитывается приземная концентрация вредных веществ (c) в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях (x) от источника выброса при опасной скорости ветра?
2. Объяснить значения каждого параметра в формуле расчета приземной концентрации вредных веществ (c) по оси факела выброса.
3. При каких условиях в формуле расчета приземной концентрации применяют параметр s_1 ?

Практическое занятие № 6

Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ в атмосфере C_y (мг/м³) по перпендикуляру к оси факела выброса на различных расстояниях Y (м) при опасной скорости ветра u_m (м/с) от точки $X=X_M$

Значение приземной концентрации вредных веществ в атмосфере C_y (мг/м³) на расстоянии Y (м) по перпендикуляру к оси факела выброса определяется по формуле:

$$C_y = s_2 \cdot C, \quad (40)$$

где s_2 — безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от скорости ветра u , м/с, и отношения Y/X по значению аргумента t_y :

$$t_y = u \cdot Y^2 / X^2 \text{ при } u \leq 5; \quad (41)$$

$$t_y = 5 \cdot Y^2 / X^2 \text{ при } u > 5; \quad (42)$$

по формуле:

$$s_2 = 1/(1 + 5 \cdot t_Y + 12,8 \cdot t_Y^2 + 17 \cdot t_Y^3 + 45,1 \cdot t_Y^4)^2. \quad (43)$$

Пример расчета

Исходные данные принять из примера 1 для оксида углерода.

Решение. Величина C_Y определяется по формуле (40), где коэффициент s_2 определяется по формуле (43) в зависимости от аргумента t_Y , рассчитываемого по уравнениям (41), (42).

Задаемся интервалами значений Y , для $Y=20$ м.

$$t_Y = \frac{1,9 \cdot 20^2}{341^2} = 0,00654;$$

$$s_2 = 1/(1 + 5 \cdot 0,00654 + 12,8 \cdot 0,00654^2 + 17 \cdot 0,00654^3 + 45,1 \cdot 0,00654^4)^2 = 0,0968,$$

тогда:

$$C_Y = 0,968 \cdot 0,023 = 0,0223 \text{ мг/м}^3.$$

Для остальных значений Y результаты расчетов сведены в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Расчет концентраций загрязняющих веществ перпендикулярно оси факела

$Y, \text{м}$	t_Y	s_2	C_Y
0	0	1	0,023
20	0,0065	0,9367	0,0215
40	0,0261	0,7697	0,0177
60	0,0588	0,5549	0,0128
80	0,1046	0,3511	0,0081
100	0,1634	0,1949	0,0045

На основе данной таблицы строим графическую зависимость $C_Y=f(Y)$, изображенную на рисунке 6.1.

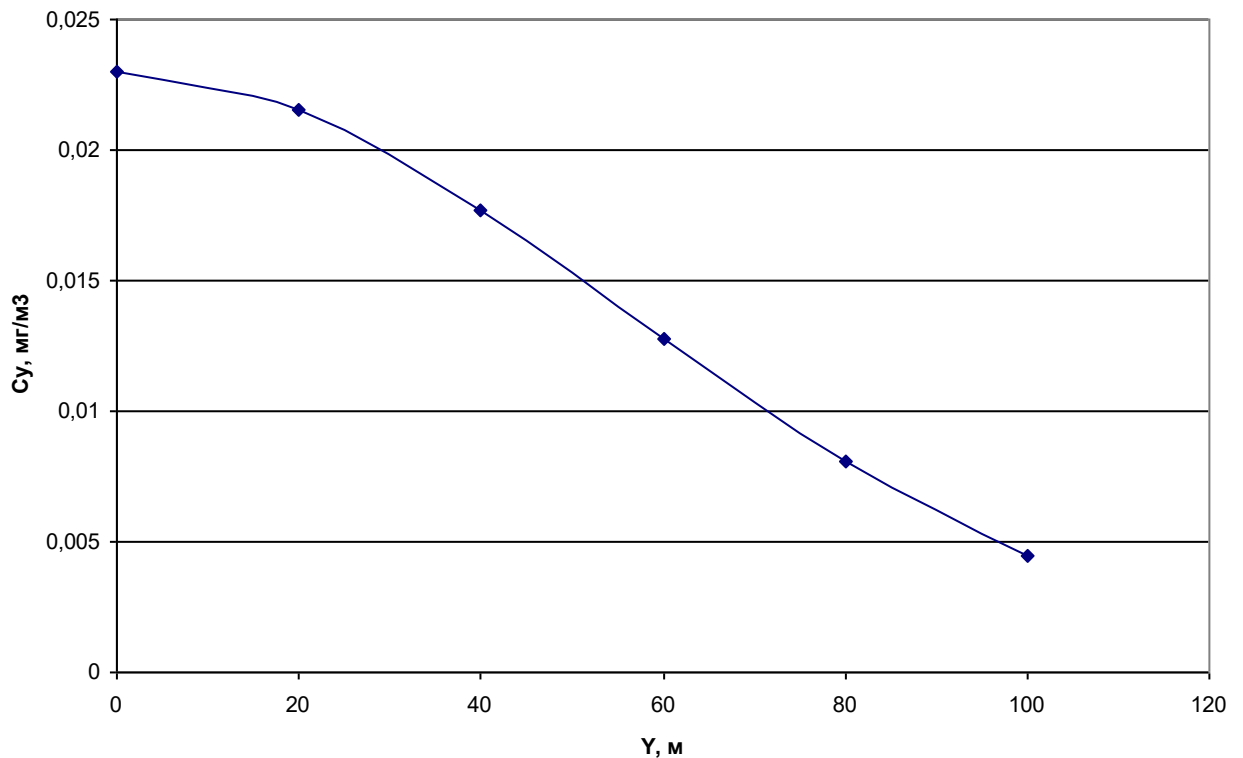


Рисунок 6.1 – Графическая зависимость $C_Y=f(Y)$ изменения концентрации загрязняющих веществ по перпендикуляру к оси факела выброса

Задание

Условие задачи смотрите в приложении 1.

Рассчитать приземную концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере C_Y (мг/м³), по перпендикуляру к оси факела выброса на различных расстояниях Y (м), при опасной скорости ветра u_M (м/с) от точки $X=X_M$.

Вопросы к практическому занятию № 6

1. По какой формуле рассчитывается приземная концентрация вредных веществ (c) в атмосфере по перпендикуляру к оси факела выброса на различных расстояниях (Y) от источника выброса при опасной скорости ветра?
2. Объяснить значения каждого параметра в формуле расчета приземной концентрации вредных веществ (c) по оси факела выброса.

Практическое занятие № 7

Графическое построение полей (изолиний) концентраций в приземном слое атмосферы выбросов загрязняющих веществ от одиночного точечного источника

Результат расчета рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы представляется в графическом виде изолиниями концентраций на расчетном прямоугольнике. Значения концентраций, кратные 0,1 доле ПДК (или другой), находятся, как правило, на прямой между двумя соседними точками сетки и определяются интерполяцией. После отыскания их местоположения для всего прямоугольника эти точки соединяются между собой, образуя ломаные кривые изолиний концентраций.

Пример расчета

Исходные данные принять из примеров 1 – 6.

Решение. Величина $C_m = 0,023 \text{ мг/м}^3$ при $X_m = 341 \text{ м}$. Значения приземных изолиний концентраций примем 0,01; 0,015; 0,02 мг/м^3 .

Координаты X и Y для этих концентраций примем непосредственно из графиков в примерах 5 и 6. Полученные данные приведены в таблице 3. В ней 6 точек приняты из примера 5 для значений концентраций вдоль оси факела, т. е. при $Y=0$. Другие 6 точек приняты из примера 6 для значений концентраций перпендикулярно оси факела при фиксированном $X=341 \text{ м}$. Непосредственно из рисунка 6.1 получены только три точки по одну сторону оси X . По другую сторону оси X концентрации будут такими же, т. к. факел рассеивания симметричен этой оси. Поэтому для оставшихся трех точек координату Y примем со знаком «-».

Таблица 7.1 – Координаты точек изолиний концентраций оксида углерода в приземном слое атмосферы

Значения концентраций C , мг/м^3	№ точек	Координаты, м	
		X	Y
0,01	1	125	0
	2	1175	0
	3	341	72
	4	341	-72
0,015	5	165	0
	6	820	0
	7	341	53
	8	341	-53
0,02	9	235	0
	10	530	0
	11	341	30
	12	341	-27

Поле изолиний концентраций приведено на рисунке 7.1.

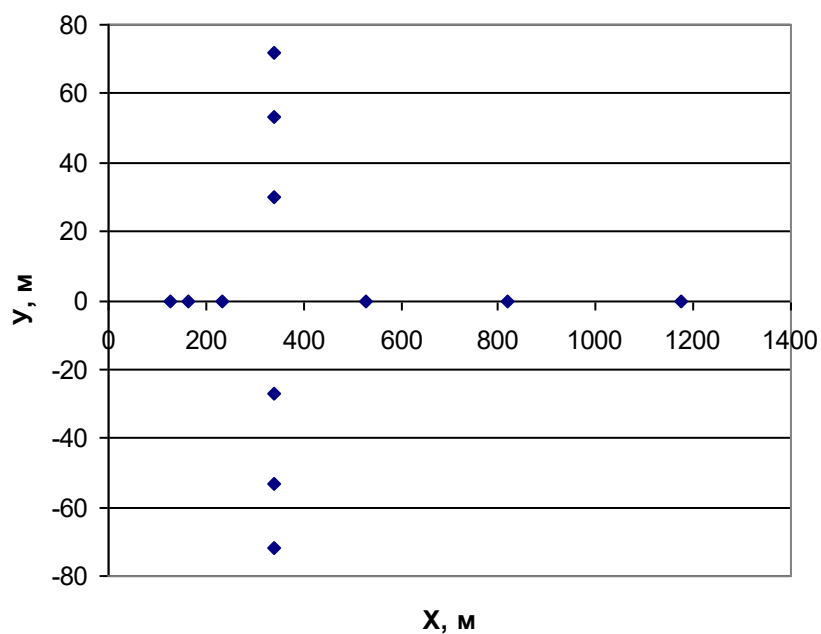


Рисунок 7.1 – Поле концентраций в приземном слое атмосферы выбросов оксида углерода от одиночного точечного источника.

Задание

Условие задачи смотрите в приложении 1.

Графически изобразить поля (изолинии) концентраций в приземном слое атмосферы выбросов загрязняющих веществ от одиночного точечного источника.

Вопросы к практическому занятию № 7

1. Рассказать алгоритм построения полей концентраций загрязняющих веществ на карте-схеме.
2. Какие исходные данные принимаются для построения полей концентраций загрязняющих веществ?
3. Какие концентрации загрязняющих веществ должны быть на границе СЗЗ и промплощадки, а также на границе СЗЗ и зоной жилой застройки?

Практическое занятие № 8

Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы с учетом фоновой концентрации

В случае наличия совокупности источников выброса вклады этих источников (или их части) могут учитываться в расчетах загрязнения воздуха путем использования фоновой концентрации $C_{\text{ф}}$ (мг/м³), которая для отдельного источника выброса характеризует загрязнение атмосферы в городе или другом населенном пункте, создаваемое другими источниками, исключая данный.

Фоновая концентрация относится к тому же интервалу осреднения (20-30 мин), что и максимальная разовая ПДК. По данным наблюдений $C_{\text{ф}}$ определяется как уровень концентраций, превышаемый в 5% наблюдений за разовыми концентрациями.

Определение фоновой концентрации производится на основании

данных наблюдений за загрязнением атмосферы по нормативной методике, утвержденной Госкомгидрометом.

Фоновая концентрация устанавливается либо единым значением по городу, либо в случае выявления существенной изменчивости, дифференцированно по территории города (по постам, а также по градациям скорости и направления ветра).

При расчетах для действующих и реконструируемых источников (предприятий) используется значение фоновой концентрации C'_ϕ , представляющей из себя фоновую концентрацию C_ϕ , из которой исключен вклад рассматриваемого источника (предприятия).

Значение C'_ϕ вычисляется по формуле:

$$C'_\phi = C_\phi \cdot (1 - 0,4 \cdot C/C_\phi) \text{ при } C < 2C_\phi; \quad (44)$$

$$C'_\phi = 0,2C_\phi \text{ при } C > 2C_\phi. \quad (45)$$

где C — максимальная расчетная концентрация вещества от данного источника (предприятия) для точки размещения поста, на котором устанавливается фон.

Для вновь строящегося источника (предприятия):

$$C'_\phi = C_\phi. \quad (46)$$

Допускается использование фоновой концентрации, вычисленной не по отдельным веществам, а совместно по комбинации веществ с суммирующимся вредным действием. При этом фоновая концентрация определяется по концентрациям, приведенным к наиболее распространенному из веществ, входящих в рассматриваемую комбинацию.

Пример расчета

Исходные данные. Графы 3 и 5 таблицы 8.1 заполняется значениями расчетных концентраций на границе СЗЗ без учета фона. Значения фоновых концентраций C_{ϕ} для веществ и групп суммаций принимаются по данным центра гидрометеорологии. С учетом перевода из мг/м^3 в доли ПДК С/ПДК имеем: пыль сумма $0,11/0,5=0,22$, диоксид азота $0,05/0,085=0,59$, диоксид серы $0,06/0,5=0,12$, оксид углерода $2,9/5=0,58$.

Решение. Определяем фоновую концентрацию с исключением вклада рассматриваемого предприятия C'_{ϕ} по формуле (44) при $C < 2C_{\phi}$ и по формуле (45) при $C > 2C_{\phi}$.

Существующее положение - пыль сумма:

$C < 2C_{\phi}$ ($0,88 > 2 \cdot 0,22$ – см. таблицу 4). Тогда $C'_{\phi} = 0,2C_{\phi} = 0,2 \cdot 0,22 = 0,044$.

Полученное число вносим в графу 7 таблицы 8.1.

Суммарную концентрацию $C'_{\phi} + C = 0,88 + 0,044 = 0,924$ вносим в графу 8 этой же таблицы.

Существующее положение – диоксид азота:

$C < 2C_{\phi}$ ($0,15 > 2 \cdot 0,59$), поэтому $C'_{\phi} = C_{\phi} \cdot (1 - 0,4 \cdot C/C_{\phi}) = 0,59 \cdot (1 - 0,4 \cdot 0,15/0,59) = 0,53$.

Суммарная концентрация $C'_{\phi} + C = 0,15 + 0,53 = 0,68$.

Аналогичным образом рассчитываем остальные вещества и группы, и результаты также заносим в таблицу.

Задание

Условие задачи смотрите в приложении 1.

Рассчитать приземную концентрацию загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы с учетом фоновой концентрации.

Вопросы к практическому занятию № 8

1. Дать определение понятию «Фоновая концентрация».
2. Какой интервал осреднения принимают для определения фоновой концентрации загрязняющего вещества?
3. По каким формулам определяется фоновая концентрация загрязняющих веществ, из которой исключен вклад рассматриваемого источника, для действующих и реконструируемых источников выброса?
4. По какой формуле определяется фоновая концентрация загрязняющих веществ, из которой исключен вклад рассматриваемого источника, для вновь строящегося предприятия?

Таблица 8.1 - Уровень загрязнения на границе СЗЗ с
учетом фоновых концентраций

Вещество	ПДК, мг/м ³	Расчетная концентрация С, мг/м ³	Фоновая концентрация С, мг/м ³	в долях ПДК			
				Расчетная концентрация С	Фоновая концентрация С _ф	Фоновая концентрация с исключением вклада, С' _ф	Суммарная концентрация, С' _ф +С
1	2	3	4	5	6	7	8
Пыль сумма	0,5	0,44	0,11	0,88	0,22	0,044	0,924
Диоксид азота	0,085	0,013	0,05	0,15	0,59	0,53	0,68
Диоксид серы	0,5	0,005	0,006	0,01	0,012	0,116	0,126
Оксид углерода	5	0,02	2,9	0,004	0,58	0,578	0,5824

Практическое занятие № 9

Построение санитарно-защитной зоны предприятия

1. Для построения СЗЗ необходимо определить класс предприятия по санитарной классификации и соответствующий ему размер СЗЗ, согласно СН 245 – 71. Существует 5 классов опасности предприятий. Каждому классу предприятий соответствует своя санитарно-защитная зона:

- для предприятий класса I – 1000 м;
- класса II – 500 м;
- класса III – 300 м;
- класса IV – 100 м;
- класса V – 50 м.

2. Наносим СЗЗ на карту-схему, в соответствии с классом опасности. Для этого от крайних внешних источников проводим в масштабе полуокружности требуемого радиуса до пересечения их между собой .

3. Сравниваем построенную СЗЗ с картами рассеивания всех ЗВ и групп суммаций по всем вариантам расчета. Это можно сделать следующим способом – начертить на кальке СЗЗ, построенную по п.2 в масштабе, равным масштабу карт рассеивания, и наклеивать их друг на друга.

4. Определяем границы итоговой расчетной санитарно-защитной зоны.

Задание

Условие задачи смотрите в приложении 1. Построить санитарно-защитную зону предприятия.

Вопросы к практическому занятию № 9

1. Дать определение понятию «Санитарно-защитная зона».
2. Объяснить назначение санитарно-защитной зоны.
3. Дать санитарную классификацию предприятий и установленные

минимальные размеры санитарно-защитных зон для каждого класса.

4. Рассказать алгоритм расчета и определения размеров санитарно-защитной зоны для предприятия.
5. Какие метеорологические условия учитываются при определении размеров санитарно-защитной зоны?

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Ивантер, Э. В. Экология производства : учебник для вузов / Э. В. Ивантер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 232 с. — ISBN 978-5-507-49802-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/427994>
2. Стурман, В. И. Экология : учебно-методическое пособие / В. И. Стурман, А. Н. Логиновская, А. Г. Казанцева. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2022. — 63 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/279170>
3. Никулин, В. Б. Инженерная экология : учебное пособие / В. Б. Никулин. — Рязань : РГРТУ, 2022. — 128 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/310550>
4. Экология и концепции устойчивого развития: практикум : учебное пособие / Е. А. Гончаров, Р. Р. Иванова, И. И. Митякова [и др.]. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2023. — 106 с. — ISBN 978-5-8158-2355-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/372200>

Дополнительная литература:

1. Экология. Словарь основных терминов и понятий : словарь / составители И. С. Шмидт [и др.]. — 2-е изд., испр. и доп. — Тверь : Тверская ГСХА, 2020. — 127 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/146959>
2. Шерышева, Н. Г. Экология : учебно-методическое пособие / Н. Г. Шерышева, Л. Н. Горина. — Тольятти : ТГУ, 2022. — 159 с. — ISBN 978-5-8259-1070-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/301697>
3. Горелкина, А. К. Экология. Охрана окружающей среды : учебное пособие / А. К. Горелкина, И. В. Тимощук, Е. С. Михайлова. — Кемерово : КемГУ, 2024. — 100 с. — ISBN 978-5-8353-3304-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/451808>
4. Кармановская, Н. В. Экология металлургического производства : учебное пособие / Н. В. Кармановская. — 2-е изд. перераб. и доп. — Норильск : ЗГУ им. Н.М. Федоровского, 2020 — Часть 1 — 2020. — 99 с. — ISBN 978-5-89009-728-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/173792>

Приложение 1

Исходные данные к расчетному заданию

Загрязнение атмосферы осуществляется организованным источником выброса – трубой. Источник имеет следующие параметры: высота H (м), диаметр устья D (м), расход газовойдушной смеси из устья V_1 (м³/с), температура газовойдушной смеси T_r (°C). Массовый выброс загрязняющих веществ M_1 (г/с), M_2 (г/с), M_3 (г/с). Местность ровная.

Варианты заданий

Варианты	Параметры									
	A	H, м	D, м	V_1 , м ³ /с	T_{r1} , °C	T_{r2} , °C	$T_{в.}$, °C	M_1 (CO), г/с	M_2 (SO ₂), г/с	M_3 (NO ₂), г/с
1	140	50	0,5	5,0	75	25	25	11,5	8,5	4,1
2	140	50	0,5	5,2	75	25	25	9,5	6,3	2,1
3	140	50	0,5	5,4	75	25	25	8,5	5,5	3,2
4	140	50	0,5	5,6	75	25	25	8,0	6,4	2,8
5	140	50	0,5	5,8	75	25	25	9,2	7,4	3,1
6	160	70	0,5	6,0	75	25	25	11,5	8,5	4,1
7	160	70	0,5	6,2	75	25	25	9,5	6,3	2,1
8	160	70	0,5	6,4	75	25	25	8,5	5,5	3,2
9	160	70	0,5	6,6	75	25	25	8,0	6,4	2,8
10	160	70	0,5	6,8	75	25	25	9,2	7,4	3,1
11	180	90	0,5	5,0	50	25	25	11,5	8,5	4,1
12	180	90	0,5	5,2	50	25	25	9,5	6,3	2,1
13	180	90	0,5	5,4	50	25	25	8,5	5,5	3,2
14	180	90	0,5	5,6	50	25	25	8,0	6,4	2,8
15	180	90	0,5	5,8	50	25	25	9,2	7,4	3,1
16	200	110	1	6,0	80	25	25	11,5	8,5	4,1
17	200	110	1	6,2	80	25	25	9,5	6,3	2,1
18	200	110	1	6,4	80	25	25	8,5	5,5	3,2
19	200	110	1	6,6	100	25	25	8,0	6,4	2,8
20	200	110	1	6,8	100	25	25	9,2	7,4	3,1
21	250	130	1	7,0	130	25	25	11,5	8,5	4,1
22	250	130	1	7,2	130	25	25	9,5	6,3	2,1
23	250	130	1	7,4	160	25	25	8,5	5,5	3,2
24	250	130	1	7,6	160	25	25	8,0	6,4	2,8
25	250	130	1	7,8	160	25	25	9,2	7,4	3,1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине «Экология машиностроительного производства»
для студентов направления подготовки
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»
Направленность (профиль) Технология машиностроения

Ставрополь 2026

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ "ЭКОЛОГИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА"

Целью изучения дисциплины «Экология машиностроительного производства» является формирование набора общекультурных и профессиональных компетенций выпускника по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Цели преподавания дисциплины «Экология машиностроительного производства» состоят в том, чтобы:

- обеспечить подготовку квалифицированных выпускников к возможности оценивать негативные воздействия тех или иных производств на окружающую среду, устанавливать причину, обусловленность таких воздействий и разрабатывать систему мероприятий по их ограничению и предотвращению;
- научить определять характер, направленность и последствия своей профессиональной деятельности для природных комплексов и их компонентов;

Основная задача изучения дисциплины - развитие биологического мышления и воспитание экологической грамотности выпускников инженерных факультетов технических ВУЗов.

Главное в стратегической линии организации самостоятельной работы студентов в вузе заключается не в оптимизации ее отдельных видов, а в создании условий высокой активности, самостоятельности и ответственности студентов в аудитории и вне ее в ходе всех видов учебной деятельности.

Основным принципом организации СРС является перевод всех студентов на индивидуальную работу с переходом от формального выполнения определенных заданий при пассивной роли студента к познавательной активности с формированием собственного мнения при решении поставленных проблемных вопросов и задач.

Цель СРС – научить студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою квалификацию.

При изучении дисциплины «Экология машиностроительного производства» организация СРС представляет собой единство трех взаимосвязанных форм:

1. Внеаудиторная самостоятельная работа (Индивидуальные задания к практическим занятиям, которые могут выдаваться как каждому студенту, так и части студентов группы; подготовка к участию в конференциях, смотрах, олимпиадах и др.);
2. Аудиторная самостоятельная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя;

3. Творческая, в том числе научно-исследовательская работа.

Чтобы развить положительное отношение студентов к внеаудиторной СРС, на каждом ее этапе разъясняются цели работы, контролируется понимание этих целей студентами; постепенно формируется умение самостоятельной постановки задачи и выбора цели.

Аудиторная самостоятельная работа реализуется при проведении практических занятий и во время чтения лекций.

При чтении лекционного курса непосредственно в аудитории контролируется усвоение материала основной массой студентов.

Студент обязан заранее ознакомиться с темой лекции, представленной в электронном курсе.

Во время лекции студент имеет право задавать преподавателю вопросы и получать необходимые уточнения и дополнения.

Контроль знаний проводится в конце каждой лекции путем проведения письменных экспресс-опросов по конкретным темам (5–8 минут).

На практических и лабораторных занятиях различные виды СРС позволяют сделать процесс обучения более интересным и поднять активность значительной части студентов в группе. Практические занятия строятся следующим образом:

1. Вводная преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены).
2. Беглый опрос по теоретическому материалу занятия.
3. Самостоятельное выполнение заданий, разработанных для каждой темы занятия.
- 4 Проверка выполнения заданий и ответов на вопросы.
5. Разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

По результатам работы на каждом занятии каждому студенту выставляется оценка. Работа оценивается на основании опроса, выполнения заданий и ответов на вопросы. Оценка предварительной подготовки студента к практическому или лабораторному занятию может быть сделана путем экспресс-тестирования (тестовые задания закрытой формы) в течение 5, максимум – 10 минут.

При проведении лабораторных и практических занятий студенты могут выполнять СРС как индивидуально, так и малыми группами (творческими бригадами), каждая из которых разрабатывает свой проект (задачу). Выполненный проект (решение проблемной задачи) затем рецензируется другой бригадой по круговой системе. Публичное обсуждение и защита своего варианта повышают роль СРС и усиливают стремление к ее качественному выполнению. Данная система организации практических занятий позволяет вводить в задачи научно-исследовательские элементы, упрощать или усложнять задания. Активность работы студентов на

обычных практических занятиях может быть усилена введением новой формы СРС, сущность которой состоит в том, что на каждую задачу студент получает свое индивидуальное задание (вариант), при этом условие задачи для всех студентов одинаковое, а исходные данные различны. Перед началом выполнения задачи преподаватель дает лишь общие методические указания.

Выполнение СРС на занятиях с проверкой результатов преподавателем позволяет студентам усваивать изучаемый материал более глубоко, меняется отношение к лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на успех в решении заданий. Это улучшает посещаемость как практических, так и лекционных занятий.

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

п/п	Темы для самостоятельного изучения	Срок изучения материалов
	3 семестр	
1	Тема №1. Экология в ряду естественнонаучных дисциплин Предмет и задачи экологии. Задачи промышленной экологии. Экология и инженерная охрана природы. Концепция устойчивого развития.	1-2 неделя
2	Тема №2. Экологические факторы Экологические факторы и их действие. Лимитирующие факторы среды. Адаптация живых организмов к экологическим факторам.	3-4 неделя
3	Тема №3. Основные представления об экосистемах и биосфере Биосфера и этапы ее эволюции. Роль биосферы в образовании месторождений топлив и сырьевых материалов промышленности. Учение В.И. Вернадского о биосфере. Переход биосферы в ноосферу.	5-6 неделя
4	Тема № 4 Глобальные проблемы окружающей среды Снижение биоразнообразия, катастрофическое загрязнение окружающей среды, обеспечение человечества ресурсами, истощение нефти, природного газа, угля, древесины, цветных металлов, дефицит водных ресурсов; использование ресурсов Мирового океана, глобальное потепление озоновые дыры парниковый эффект.	7-8 неделя
5	Тема №5. Антропогенное воздействие на окружающую природную среду Воздействие промышленного производства на окружающую среду. Защита окружающей среды.	9-10 неделя
6	Тема №6. Антропогенное воздействие на атмосферу. Защита атмосферы Классификация загрязнений атмосферного воздуха. Основные примеси воздуха. Установление предельно допустимых концентраций. Эффект суммации и его учет. Парниковый эффект. Озоновый слой и его изменение. Основные загрязнители атмосферного воздуха. Загрязнение атмосферного воздуха твердыми частицами и их воздействие на живые организмы. Загрязнение воздуха оксидами серы. Оксиды азота. Продукты неполного сгорания топлива. Канцерогенные вещества и условия их	11-12 неделя

	образования.	
7	Тема №7. Антропогенное воздействие на гидросферу. Защита гидросферы Контроль и управление качеством воды. Условия спуска сточных вод в водные объекты. Классификация примесей воды. Очистка сточных вод.	13-14 неделя
8	Тема №8. Антропогенное воздействие на литосферу Контроль загрязнения почвы. Причины и виды антропогенного воздействия на почвы.	15-16 неделя
9	Тема №9. Основы экономики природопользования Мониторинг окружающей среды. Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий и производств. Экологический паспорт предприятия. Экономическое регулирование природопользования. Оценка воздействия на окружающую среду. Правовое регулирование природопользования	17-18 неделя

Подготовка к коллоквиуму также является элементом самостоятельной работы. Коллоквиум проводится в виде устного опроса.

Примерный перечень вопросов:

1. Характеристика основных свойств пыли.
2. Очистка газов в мокрых пылеуловителях. Достоинства и недостатки.
3. Описание принципов действия газопромывателей: полого, насадочного с подвижной насадкой, скоростного.
4. Очистка газов в фильтрах. Механизм фильтрации.
5. Классификации фильтров. Очистка газов в электрофильтрах.
6. Очистка газов в сухих пылеуловителях. Описание, достоинства и недостатки каждого из трех типов.
7. Очистка газов в сухих пылеуловителях. Использование пылесадительных камер.
8. Очистка газов в сухих пылеуловителях. Инерционные пылеуловители.
9. Очистка газов в сухих пылеуловителях. Принцип работы циклонов.
10. Очистка газов в мокрых пылеуловителях. Классификация по способу действия.
11. Описание принципов действия газопромывателей: тарельчатого, ударно-инерционного действия.
12. Очистка газов в фильтрах. Типы фильтрующих перегородок.
13. Улавливание туманов.
14. Тканевые фильтры.
15. Перечислите основные свойства пылей (без конкретизации). Опишите три возможных механизма улавливания пыли в сухих пылеуловителях. Приведите примеры.
16. Очистка газов в мокрых пылеуловителях. Достоинства и недостатки. Описание принципов действия газопромывателей: насадочного с подвижной и неподвижной насадками, центробежного действия.

17. Очистка газов в фильтрах. Волокнистые фильтры.

18. Очистка газов в фильтрах. Зернистые фильтры. Рекуперация пыли.

Выполнение СРС на занятиях с проверкой результатов преподавателем позволяет студентам усваивать изучаемый материал более глубоко, меняется отношение к лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на успех в решении заданий. Это улучшает посещаемость как практических и лабораторных, так и лекционных занятий.

Критерии оценивания компетенций*

Оценка «отлично» выставляется студенту, если представлены разные варианты решения проблемы, указаны сильные и слабые стороны каждого решения, обоснована собственная точка зрения на анализируемую проблему; продемонстрирован большой объем знаний, высокая философская эрудиция, общая интеллектуальная культура участника, умение строить свою работу логично, находить убедительные аргументы в подтверждение своей позиции; нет замечаний по оформлению; не нарушены сроки сдачи.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если грамотно и аргументировано изложена суть проблемы; проявлена личная заинтересованность в раскрываемой теме, выражена собственная точка зрения; обнаружено умение анализировать фактический материал и статистические данные; нет замечаний по оформлению; не нарушены сроки сдачи.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если недостаточно полно раскрыт один из вопросов; неполный список литературы и источников; затруднения в изложении, аргументировании своей точки зрения; имеются незначительные замечания по оформлению.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если тема не раскрыта отсутствует список литературы и источников; нет собственной точки зрения.

** в соответствии с результатами освоения дисциплины и видами заданий*

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ивантер, Э. В. Экология производства : учебник для вузов / Э. В. Ивантер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 232 с. — ISBN 978-5-507-49802-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/427994>
2. Стурман, В. И. Экология : учебно-методическое пособие / В. И. Стурман, А. Н. Логиновская, А. Г. Казанцева. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им.

М.А. Бонч-Бруевича, 2022. — 63 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/279170>

3. Никулин, В. Б. Инженерная экология : учебное пособие / В. Б. Никулин. — Рязань : РГРТУ, 2022. — 128 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/310550>

4. Экология и концепции устойчивого развития: практикум : учебное пособие / Е. А. Гончаров, Р. Р. Иванова, И. И. Митякова [и др.]. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2023. — 106 с. — ISBN 978-5-8158-2355-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/372200>

5. Экология. Словарь основных терминов и понятий : словарь / составители И. С. Шмидт [и др.]. — 2-е изд., испр. и доп. — Тверь : Тверская ГСХА, 2020. — 127 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/146959>

6. Шерышева, Н. Г. Экология : учебно-методическое пособие / Н. Г. Шерышева, Л. Н. Горина. — Тольятти : ТГУ, 2022. — 159 с. — ISBN 978-5-8259-1070-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/301697>

7. Горелкина, А. К. Экология. Охрана окружающей среды : учебное пособие / А. К. Горелкина, И. В. Тимощук, Е. С. Михайлова. — Кемерово : КемГУ, 2024. — 100 с. — ISBN 978-5-8353-3304-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/451808>

8. Кармановская, Н. В. Экология металлургического производства : учебное пособие / Н. В. Кармановская. — 2-е изд. перераб. и доп. — Норильск : ЗГУ им. Н.М. Федоровского, 2020 — Часть 1 — 2020. — 99 с. — ISBN 978-5-89009-728-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/173792>