

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

«ЭНЕРГО- И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ»

для студентов направления подготовки 18.04.01 Химическая технология
направленность (профиль) «Технология минеральных удобрений»

Ставрополь, 2026

Содержание

Введение	3
Практическое занятие № 1. Расчет максимальной концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы при выбросе нагретой газовой смеси от одиночного точечного источника	4
Практическое занятие № 2. Расчет максимальной концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы при выбросе холодной газовой смеси от одиночного точечного источника	7
Практическое занятие № 3. Расчет расстояния от источника выброса, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения	8
Практическое занятие № 4. Расчет опасной скорости ветра u_m (м/с). Расчет максимального значения приземной концентрации вредного вещества C_{mi} (мг/м ³) при неблагоприятных метеорологических условиях и скорости ветра, отличающейся от опасной скорости ветра	9
Практическое занятие № 5. Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ в атмосфере C (мг/м ³), по оси факела выброса на различных расстояниях X (м), от источника загрязнения атмосферы при опасной скорости ветра u_m (м/с)	11
Практическое занятие № 6. Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ в атмосфере C_y (мг/м ³) по перпендикуляру к оси факела выброса на различных расстояниях Y (м) при опасной скорости ветра u_m (м/с) от точки $X = X_m$	14
Практическое занятие № 7. Графическое построение полей (изолиний) концентраций в приземном слое атмосферы выбросов загрязняющих веществ от одиночного точечного источника	16
Практическое занятие № 8. Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы с учетом фоновой концентрации	18
Практическое занятие № 9. Построение санитарно-защитной зоны предприятия	21
Список рекомендуемой литературы	22

Введение

Целью изучения дисциплины «Энерго- и ресурсосберегающие процессы химической технологии» является формирование набора профессиональных компетенций ПК-3, ПК-6 выпускника магистратуры по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология направленность (профиль) «Технология минеральных удобрений».

Основные задачи изучения дисциплины:

- заложить основу знаний по теории и практике энерго- и ресурсосберегающих процессов;
- сформировать научный подход к компоновке схем, подбору оборудования и условий проведения энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии;
- дать представления о перспективных процессах химической технологии.

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:

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

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;

m , 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);

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_2 и температурой окружающего атмосферного воздуха T_θ , °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 газовой 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 , °С, следует принимать температуру окружающего атмосферного воздуха T_θ , °С, равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца по СНиП 2.01.01–82, а температуру выбрасываемой в атмосферу газовой смеси T_2 , °С, – по действующим для данного производства технологическим нормативам. Для котельных,

работающих по отопительному графику, допускается при расчетах принимать значения T_{θ} 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 :

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

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

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

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

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 $T_2=160^\circ\text{C}$. 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

$$T_{\theta}=25,3^\circ\text{C}. \quad \text{Тогда}$$

$\Delta T = T_2 - T_{\theta} = (160 - 25,3) = 134,7^\circ\text{C}$. Для ровной местности коэффициент, учитывающий влияние

рельефа, $\eta=1$. Для определения коэффициентов m и n необходимо рассчитать параметры f , ν_M , ν_M' и f_e (3)–(6) соответственно:

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

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

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

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

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:

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

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

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 одиночного 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 $u_M = v_M = 1,9$ 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 u_M (м/с). Т. к. $u/u_M = 1,316 > 1$, по формуле (29) определим параметр

$$r = \frac{3 \cdot (2,5/1,9)}{2 \cdot (2,5/1,9)^2 - (2,5/1,9) + 2} = 4,15. \text{ По формуле (27) рассчитаем максимальное значение}$$

приземной концентрации вредного вещества $C_{ми}$ для диоксида азота:

$$C_{ми} = 4,15 \cdot 0,0816 = 0,0339 \text{ мг/м}^3. \text{ Для оксида углерода: } C_{ми} = 4,15 \cdot 0,023 = 0,0955 \text{ мг/м}^3.$$

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. $u/u_M = 1,316 > 1$, 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 смеси?
3. По каким формулам определяется значение опасной скорости ветра для холодной газовой 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 ($C_{ми}$)?

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 , м	X/X_m	S_l	C , 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 $C=f(X)$.

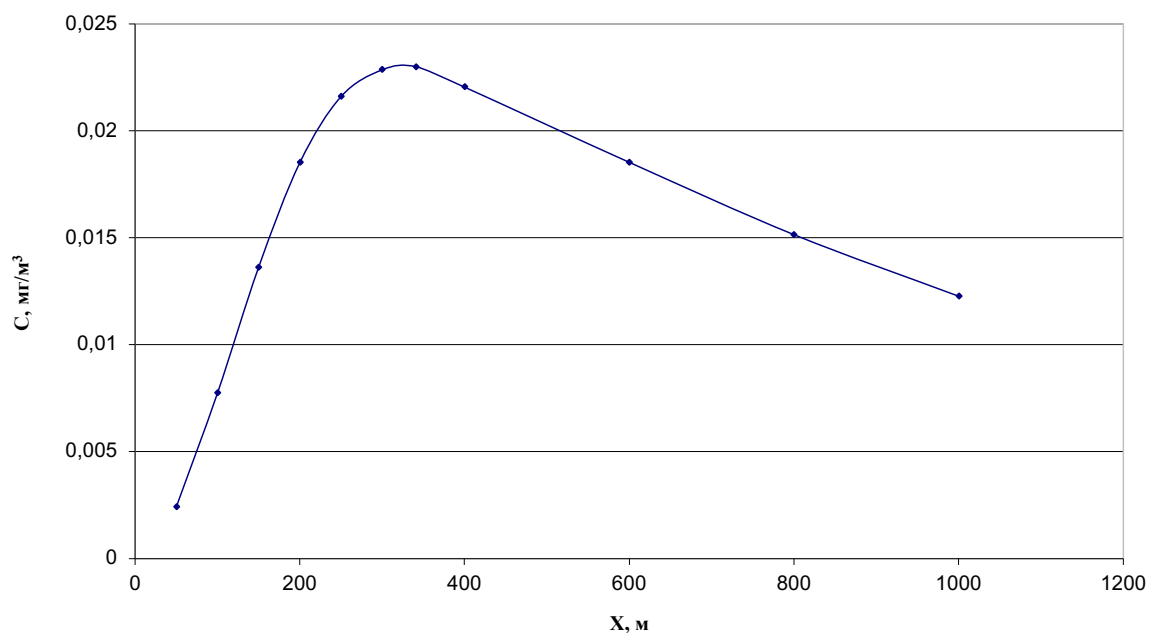


Рисунок 5.1 – Графическая зависимость $C=f(X)$ изменения концентрации загрязняющих веществ по оси факела выброса

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^H ?

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:

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

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.

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

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

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.

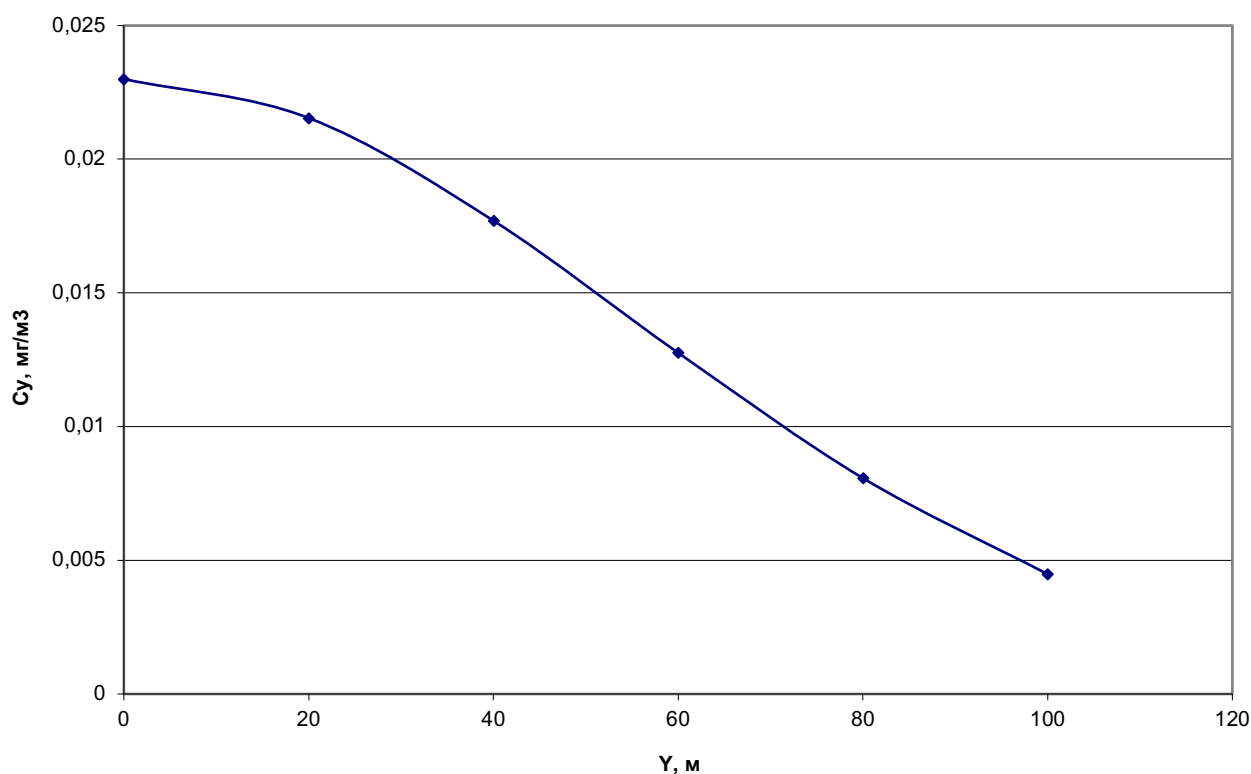


Рисунок 6.1 – Графическая зависимость $C_y=f(Y)$ изменения концентрации загрязняющих веществ по перпендикуляру к оси факела выброса

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 $C_M = 0,023$ мг/м³ при $X_M = 341$ м. Значения приземных изолиний концентраций примем 0,01; 0,015; 0,02 мг/м³.

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 $X=341$ 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.

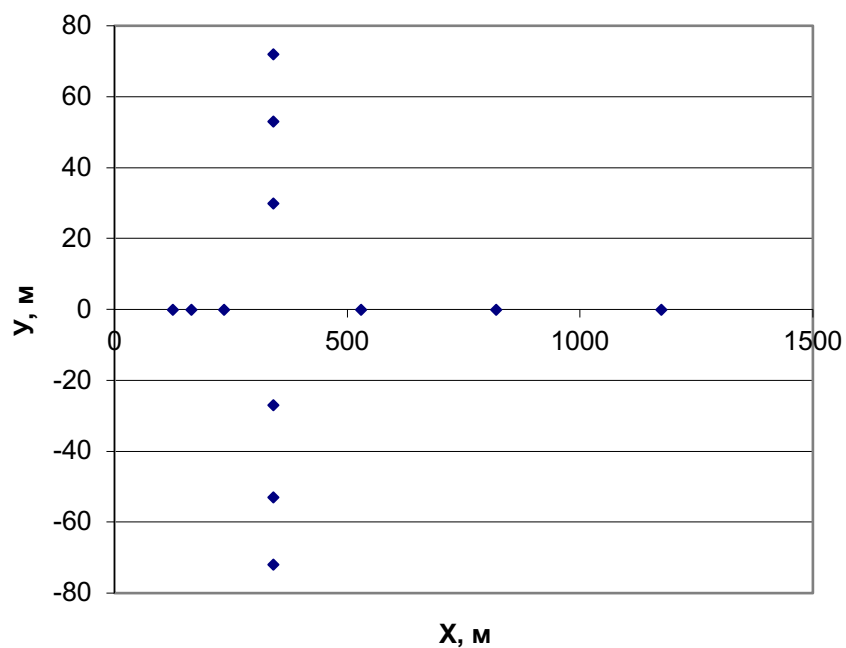


Рисунок 7.1 – Поле концентраций в приземном слое атмосферы выбросов оксида углерода от одиночного точечного источника.

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_{ϕ} (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_{ϕ} 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 градам 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:

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

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

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/м³ 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 $C < 2 C_{\phi}$ и по формуле (45) при $C > 2 C_{\phi}$.

Существующее положение - пыль сумма:

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

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:

$C < 2 C_{\phi}$ ($0,15 > 2 \cdot 0,59$), 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 C , мг/м ³	Фоновая концентрация C , мг/м ³	в долях ПДК			
				Расчетная концентрация C	Фоновая концентрация C_{ϕ}	Фоновая концентрация с исключением вклада, C'_{ϕ}	Суммарная концентрация, C'_{ϕ} + C
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 учебная литература:**

1. Инженерная экология / Под ред. В. Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2008. – 687 с.
2. Инженерная защита окружающей среды / Под ред. О. Г. Воробьева. – СПб.: Лань, 2008. – 288 с.
3. Родионов А. И., Кузнецов Ю. П., Соловьев Г. С. Защита биосферы от промышленных выбросов. Основы проектирования технологических процессов. – М.: Химия, КолосС, 2009. – 392 с.
4. Дьяконов К. Н., Дончева А. В. Экологическое проектирование и экспертиза: Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2008. – 384 с.
5. Экологическая экспертиза: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. В. М. Питулько. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 480 с.

Дополнительная литература:

1. Макаров С. В., Жаворонков Д. В. Сборник задач по курсу «Основы проектирования и экологическая экспертиза». – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2000. – 43 с.
5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 94 с.

Исходные данные к расчетному заданию

Загрязнение атмосферы осуществляется организованным источником выброса – трубой. Источник имеет следующие параметры: высота H (м), диаметр устья D (м), расход газовой смеси из устья V_1 (м³/с), температура газовой смеси $T_{г1}$ (°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	$T_{г1}$, °C	$T_{г2}$, °C	$T_{г3}$, °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 ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

«ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ»

для студентов направления подготовки 18.04.01 Химическая технология
направленность (профиль) «Технология минеральных удобрений»

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	26
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.....	27
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.....	27
САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.....	28
САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ.....	28
ИНЫЕ ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	28
КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМИ.....	28
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	29
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	29

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Энерго- и ресурсосберегающие процессы химической технологии» является формирование набора профессиональных компетенций ПК-3, ПК-6 выпускника магистратуры по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология направленность (профиль) «Технология минеральных удобрений».

Основные задачи изучения дисциплины:

- заложить основу знаний по теории и практике энерго- и ресурсосберегающих процессов;
- сформировать научный подход к компоновке схем, подбору оборудования и условий проведения энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии;
- дать представления о перспективных процессах химической технологии.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Реализация образовательной программы подготовки студентов должна обеспечиваться доступом каждого к библиотечным фондам и базам данных, формируемым по полному перечню дисциплин образовательной программы. Библиотека вуза должна иметь достаточное количество современных учебников и учебных пособий по всем циклам дисциплин и постоянно пополняться научной литературой и периодическими изданиями экологического профиля. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся должны быть обеспечены доступом к сети Интернет.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение:

- в рабочем учебном плане – в целом по образовательной программе, по каждому блоку, по дисциплине (модулю);
- в рабочих программах учебных дисциплин (модулей) с распределением по разделам или конкретным темам.

Под самостоятельной работой студентов понимается планируемая учебная, учебно-исследовательская, а также научно-исследовательская работа, которая выполняется во внеаудиторное время по инициативе магистра или по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирования практических умений и навыков;
- развития исследовательских умений.

Задачи самостоятельной работы:

- овладение теоретическими знаниями о современных научно-технических и практических проблемах промышленной экологии;
- формирование опыта собственной поисковой, творческой, научно-исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа способствует развитию ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального (в том числе научного) уровня.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Основными видами самостоятельной учебной деятельности студентов являются:

- 1) предварительная подготовка к аудиторным занятиям, в том числе к тем, на которых будет изучаться новый, незнакомый материал;
- 2) своевременная доработка конспектов лекций;
- 3) подбор, изучение, анализ и, при необходимости, конспектирование рекомендованных литературных источников;
- 4) выяснение наиболее сложных, непонятных вопросов и их уточнение во время консультаций;
- 5) подготовка к зачету или экзамену;
- 6) выполнение собственных научных исследований, либо участие в научных исследованиях, проводимых на кафедре;
- 7) систематическое изучение периодической печати, научных монографий, поиск и анализ дополнительной информации по учебным дисциплинам.

Виды самостоятельной работы могут быть разделены на основные (аудиторные) и дополнительные (внеаудиторные).

Основные виды самостоятельной работы выполняются в обязательном порядке с последующим контролем результатов преподавателем, который проводит практические занятия.

Дополнительные (внеаудиторные) виды самостоятельной работы выполняются по выбору магистра и заданию преподавателя без его непосредственного участия. Дополнительные виды

самостоятельной работы по дисциплине рекомендуются тем магистрам, которые наиболее заинтересованы в изучении дисциплины.

К основным (обязательным) видам самостоятельной работы студентов относятся:

а) самостоятельное изучение теоретического материала;

Дополнительными видами самостоятельной работы являются:

а) подготовка докладов и сообщений для выступления на семинарах;

б) участие в ежегодной научно-технической конференции;

Дополнительные виды самостоятельной работы не являются обязательными и выполняются магистрами по собственной инициативе с предварительным согласованием с преподавателем, либо при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Самостоятельное изучение теоретического материала предусмотрено на всём протяжении курса. Такая работа сопровождает лабораторные работы, текущий контроль и промежуточную аттестацию, и в то же время является отдельным видом самостоятельной работы.

Источники для самостоятельного изучения теоретического материала:

- учебники по предмету;
- учебные пособия по отдельным темам;
- научные статьи в периодической печати и рекомендованных сборниках;
- научные монографии.

Умение студентов быстро и правильно подобрать литературу, необходимую для выполнения учебных заданий и научной работы, является залогом успешного обучения. Самостоятельный подбор литературы осуществляется при подготовке к практическим занятиям, при написании научных рефератов.

Выполнение самостоятельной работы на занятиях с проверкой результатов преподавателем позволяет магистрам усваивать изучаемый материал более глубоко.

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ

Задания для самостоятельной работы преимущественно содержатся в учебно-методическом комплексе дисциплины (практикум). Сдача выполненного задания производится преподавателю, ведущему практические занятия, в установленные сроки.

ИНЫЕ ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

К иным формам самостоятельной работы студентов относятся: подготовка сообщений, докладов, выступлений на «круглых столах», семинарах, конференциях. Если преподаватель поручил студенту подготовить доклад, сообщение или иное выступление, то самостоятельная работа по их написанию может проходить в следующей последовательности.

1. Нужно подобрать литературу, проконсультироваться у преподавателя по содержанию предстоящего доклада (выступления).
2. Необходимо изучить литературу, сгруппировать материал и составить подробный план доклада (выступления).
3. Следует написать полный текст доклада (выступления). Для выступления с докладом обычно отводится 10-12 минут, поэтому все содержание доклада должно быть не более 7-10 страниц.
4. Магистру рекомендуется продумать методику чтения доклада. При возможности следует подготовить доклад с презентацией или раздаточным материалом.
5. Важно потренироваться в чтении доклада.

КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМИ

Оценка самостоятельной работы магистра влияет на итоговую оценку по дисциплине следующим образом: во-первых, оценка самостоятельной работы учитывается в такой форме текущего контроля, как опрос на занятиях; во-вторых, самостоятельная работа по предмету поощряется, и преподаватель может использовать (и, как правило, использует) оценку самостоятельной работы в качестве поощрительной составляющей на зачете или экзамене; в

спорных моментах оценка самостоятельной работы может разрешить ситуацию в пользу обучающегося.

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Основными формами контроля самостоятельной работы магистра преподавателями являются:

1. просмотр и проверка продукта самостоятельной работы преподавателем;
2. самопроверка, взаимопроверка выполненного задания в группе;
3. обсуждение результатов выполненной работы на занятии;
4. письменный опрос;
5. индивидуальное собеседование;

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Независимо от вида самостоятельной работы критериями оценки самостоятельной работы могут считаться:

- уровень освоения магистром учебного материала;
- умение магистра использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- умение магистра активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить информацию, изучать ее и применять на практике;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- обоснованность и четкость изложения материала;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Ганжа, В. Л. Основы эффективного использования энергоресурсов : теория и практика энергосбережения [Электронный ресурс] / В. Л. Ганжа; под ред.: А. А. Баранова. - Минск : Белорусская наука, 2007. - 452 с. - ISBN 978-985-08-0810-3. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=14304>.
2. Сафин, Р. Г. Ресурсо- и энергосберегающие технологии и аппаратное оформление процессов, сопровождающихся выделением газовой фазы. Монография / Р. Г. Сафин, В. Н. Башкиров, Д. Ф. Зиатдинова. - Казань : КГТУ, 2008. - 167 с. - ISBN 978-5-7882-0558-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258974>
3. Утилизация, переработка и захоронение промышленных отходов. Опорные конспекты / Т. А. Ларичев. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2013. - 80 с. - ISBN 978-5-8353-1342-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232762>.

Дополнительная литература:

1. Тимонин, А. С. Инженерно-экологический справочник / А. С. Тимонин ; МО РФ. Моск. гос. ун-т инженер. экологии, Т.1. – Калуга : Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 917 с. : ил. – ISBN 5-89552-073-1.
2. Тимонин, А. С. Инженерно-экологический справочник / А. С. Тимонин ; Мин-во образования Рос. Федерации. Моск. гос. ун-т инженер. экологии, Т.2. – Калуга : Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 884 с. – ISBN 5-89552-072-3.
3. Тимонин, А. С. Инженерно-экологический справочник / А. С. Тимонин ; Мин-во образования Рос. Федерации. Мос. гос. ун-т инженер. экологии, Т.3. – Калуга : Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 1024 с. – ISBN 5-89552-077-4.
4. Утилизация, переработка и захоронение отходов : учебное пособие / Р. Г. Рябов, М. С. Комиссаров, Е. П. Верховская, Г. Г. Рябов. - Тула : ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2012. - 149 с. - ISBN 978-5-87954-682-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230710>.