

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ
«Экология»**

направления подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело Направленность
(профиль) «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения
нефти, газа и продуктов переработки»

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 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 одиночного точечного источника?
3. Объяснить значения каждого параметра в формуле расчета

максимального значения приземной концентрации (c_m) при выбросе холодной газозоудушной 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_{mi} (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 v (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 v/u_m и по формулам:

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

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

Расстояние от источника выброса $X_{ми}$ (м), на котором при скорости ветра v (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 v/u_m и по формулам:

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

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

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

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_{mi} (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_{mi} для диоксида азота: $C_{mi} = 4,15 \cdot 0,0816 = 0,0339$ мг/м³. Для оксида углерода: $C_{mi} = 4,15 \cdot 0,023 = 0,0955$ мг/м³.

Расстояние от источника выброса X_{mi} (м), на котором при скорости ветра u и НМУ приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения C_{mi} (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 $X_{mi} = 1,1 \cdot 341 = 375,1$ м.

Задание

Условие задачи смотрите в приложении 1.

Рассчитать опасную скорость ветра u_m (м/с). Рассчитать максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_{mi} (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 , 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 $C=f(X)$.

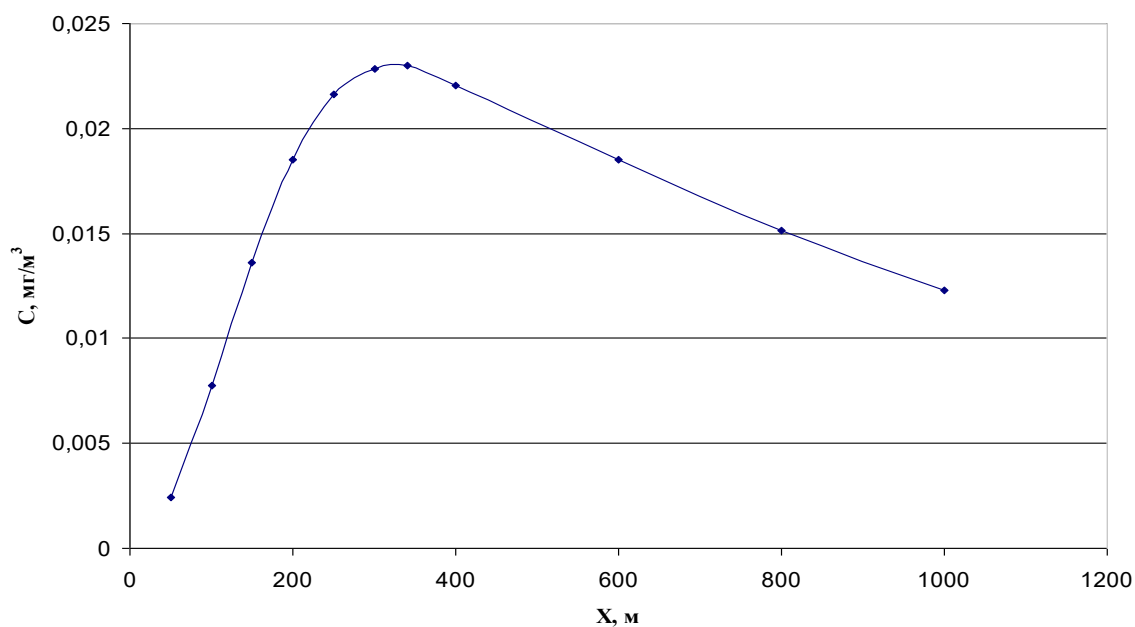


Рисунок 5.1 – Графическая зависимость $C=f(X)$ изменения концентрации загрязняющих веществ по оси факела выброса

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 ?

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.

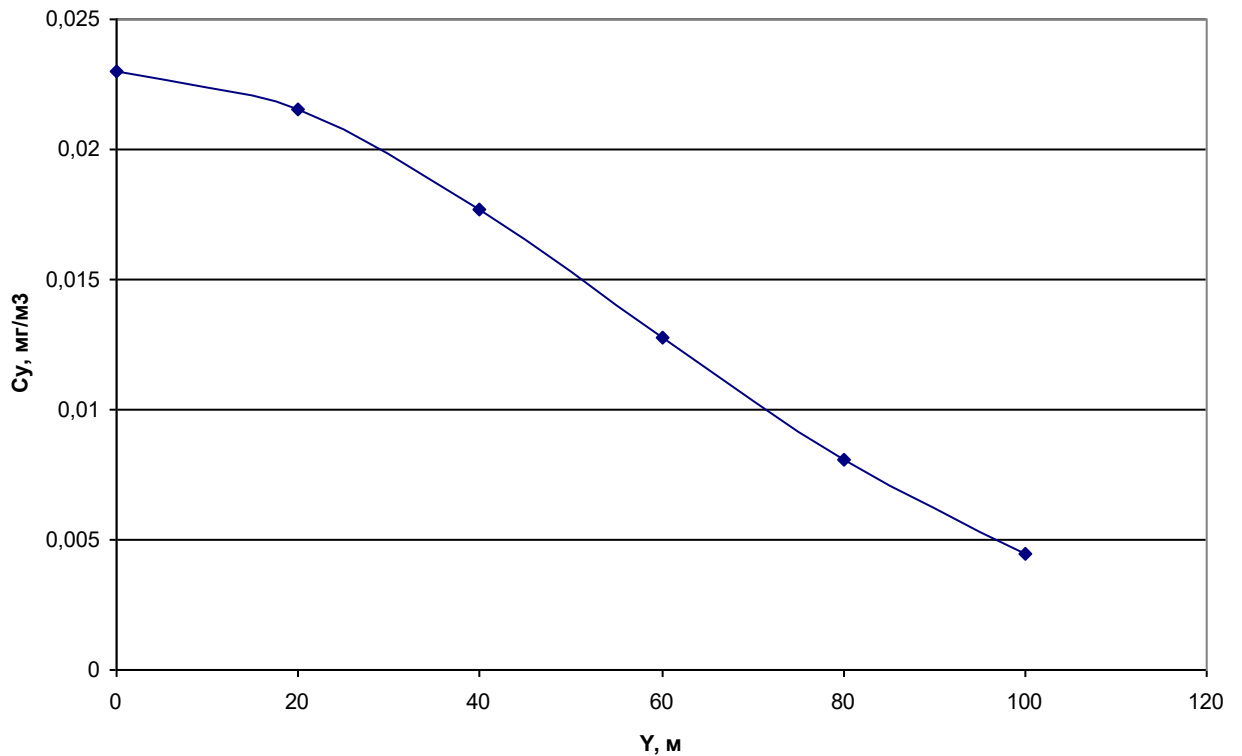


Рисунок 6.1 – Графическая зависимость $C_Y=f(Y)$ изменения концентрации загрязняющих веществ по перпендикуляру к оси факела выброса

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 $C_m = 0,023$ 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.

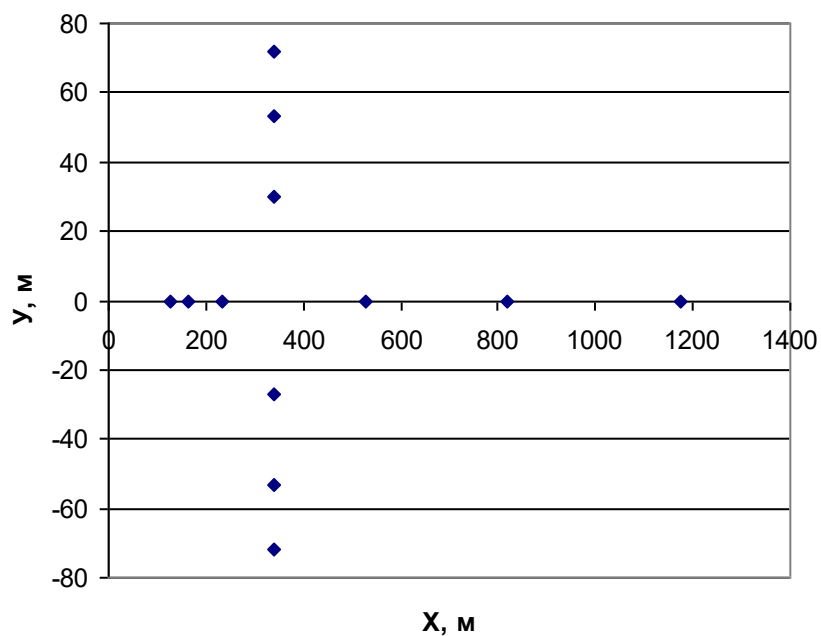


Рисунок 7.1 – Поле концентраций в приземном слое атмосферы выбросов оксида углерода от одиночного точечного источника.

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 $C_{\text{ф}}$ (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 грациям скорости и направления ветра).

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

Значение $C'_ф$ вычисляется по формуле:

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

$$C'_ф = 0,2C_ф \text{ при } C > 2C_ф. \quad (45)$$

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

Для вновь строящегося источника (предприятия):

$$C'_ф = C_ф. \quad (46)$$

Допускается использование фоновой концентрации, вычисленной не по отдельным веществам, а совместно по комбинации веществ с суммирующим 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 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.

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	$M_1(\text{CO})$, г/с	$M_2(\text{SO}_2)$, г/с	$M_3(\text{NO}_2)$, 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 и проведению
самостоятельной работы

ЭКОЛОГИЯ

направления подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело Направленность
(профиль) «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения
нефти, газа и продуктов переработки»

Ставрополь 2026

Методические рекомендации предназначены для студентов вуза «Северо-Кавказский федеральный университет»

Цели методических рекомендаций:

1. Методическое сопровождение процесса введения и реализации требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее ФГОС ВО), помощь при разработке рабочих учебных программ дисциплин и профессиональных модулей образовательной программы (далее ОП).
2. Создание в образовательном учреждении учебно-методического обеспечения образовательного процесса.

Методические рекомендации определяют сущность самостоятельной работы студентов в вузе, её назначение, планирование, формы организации и виды контроля.

Содержание

- 1. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО.**
- 2. Назначение и виды самостоятельной работы студентов.**
- 3. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями.**

1. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО

1.1. ФГОС раздел: «Требования к условиям реализации ОП»:

– Требования к обязательному минимуму содержания образовательной программы подготовки специалиста, к условиям ее реализации и срокам ее освоения определяются настоящим федеральным государственным образовательным стандартом;

– основная образовательная программа подготовки специалиста состоит из дисциплин общенаучного и профессионального циклов, состоящих из базовой и вариативной частей и дисциплин по выбору;

– максимальный объем учебной нагрузки студента устанавливается 54 часа в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы.

Во время самостоятельной подготовки обучающиеся должны быть обеспечены доступом к сети Интернет. Реализация образовательной программы подготовки специалиста должна обеспечиваться доступом каждого студента к библиотечным фондам и базам данных, формируемым по полному перечню дисциплин образовательной программы из расчета обеспеченности учебниками и учебными пособиями не менее 0,5 экземпляра на одного студента. Библиотека вуза должна иметь достаточное количество современных учебников и учебных пособий по всем циклам дисциплин и постоянно восполняться научной литературой и периодическими изданиями нефтегазового профиля

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

- в рабочем учебном плане – в целом по теоретическому обучению, каждому из циклов дисциплин;
- в рабочих программах учебных дисциплин циклов дисциплин с распределением по разделам или конкретным темам.

2. Назначение и виды самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитию исследовательских умений.

В учебном процессе ОУ выделяются два вида самостоятельной работы:



Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

3. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями.

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.

Формы контроля самостоятельной работы

1. Просмотр и проверка выполнения самостоятельной работы преподавателем.
2. Самопроверка, взаимопроверка выполненного задания в группе.
3. Обсуждение результатов выполненной работы на занятии.
4. Тестирование.
5. Письменный опрос.
6. Устный опрос.
7. Индивидуальное собеседование.
8. Коллоквиум.
9. Отчет о проделанной работе.
10. Защита рефератов или курсовой работы.
11. Творческий конкурс.
12. Интернет - конференции.
13. Контрольная работа.

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;

- формирование набора из общекультурных и профессиональных компетенций будущего специалиста;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.

Содержание внеаудиторной самостоятельной деятельности студентов

Методические указания для студентов по выполнению самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекциям
2. Подготовка к практическим занятиям