



## **Методические указания для студентов с типовыми примерами решения задач**

Теоретические знания, полученные студентами на лекциях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются решением заданий практических занятий и контрольной работы.

При выполнении контрольной работы обращается особое внимание на выработку у студентов умения пользоваться нормативной и справочной литературой, грамотно выполнять и оформлять инженерные расчеты и умения обрабатывать отчетные документы в срок и с высоким качеством.

Контрольная работа нацелена на повышение эффективности и практической направленности обучения студентов. Выполнение контрольной работы содержит элементы исследования и способствует выработке навыков в принятии обоснованных инженерно-технических решений.

К контрольной работе даются методические указания к решению задач.

Обучаемые в часы самостоятельной работы знакомятся с заданием, изучают рекомендованную учебную литературу.

Контроль степени усвоения учебного материала проводится методом проверки правильности выполнения обучаемыми контрольной работы.

Следует учитывать, что контрольная работа может быть оформлена либо письменно на бумажном носителе, либо в электронно-цифровой форме (на диске). При представлении для рецензирования контрольной работы на электронном носителе (диске) студент обязан распечатать на бумажном носителе титульный лист установленной формы и приложить к нему диск с содержанием работы. Титульный лист подписывается студентом, на нем производится регистрация работы. На титульном листе

преподавателем проставляется отметка о допуске к защите и приводится рецензия контрольной работы.

Все отмеченные рецензентом ошибки должны быть исправлены, а сделанные указания выполнены.

В контрольной работе студент должен ответить на три вопроса и решить две задачи. Номера задач и вопросов выбираются по таблице №1, по последней и предпоследней цифрам учебного шифра. Контрольная работа должна быть написана четко, разборчиво, с обязательным использованием поясняющих схем и расчетных формул тех показателей, формулировки которых приведены в работе. С левой стороны листа необходимо оставлять поля 3 - 4 см. В начале необходимо указать номер вопроса или задачи согласно заданию и полностью написать текст вопроса или условие задачи. После этого можно перейти к ответу на поставленный вопрос или решению задачи. Ответы на вопросы должны быть изложены в реферативной форме, то есть не должно быть дословного переписывания из литературных источников.

В конце контрольной работы указать список использованной литературы, поставить подпись и дату.

Таблица 1

Предпоследняя цифра учебного шифра	Последняя цифра учебного шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1 Вопросы	1,11,21	2,13,23	3,15,24	4,17,25	5,19,33	6,12,27	7,14,28	8,16,29	9,21,30	10,20,31
Задачи	1,3	2,3	2,4	1,4	1,3	1,4	2,3	1,3	2,4	1,4
2 Вопросы	10,24,32	1,12,22	2,14,33	3,16,24	4,18,32	5,20,31	6,13,29	7,15,28	8,17,27	9,19,26
Задачи	1,3	2,3	2,4	1,3	1,4	2,3	1,3	2,4	1,4	2,3
3 Вопросы	9,20,25	10,21,24	1,13,23	2,15,22	3,17,21	4,19,28	5,11,34	6,14,33	7,16,32	8,18,30
Задачи	1,4	2,4	1,3	2,3	1,3	2,4	1,4	1,3	2,4	2,3
4 Вопросы	8,19,33	9,11,29	10,28,31	1,14,24	2,16,27	3,18,26	4,20,25	5,12,23	6,15,22	7,17,21
Задачи	1,3	2,4	1,4	1,3	2,4	2,3	1,4	1,3	1,4	2,3
5 Вопросы	7,18,26	8,20,28	9,12,32	10,21,33	1,15,25	2,17,30	3,19,22	4,11,27	5,13,29	6,16,28
Задачи	2,4	2,3	1,4	2,3	1,4	2,4	1,3	1,4	1,3	1,4
6 Вопросы	6,17,27	7,19,28	8,11,25	9,13,23	10,21,30	1,16,29	2,18,26	3,20,31	4,12,33	5,14,32
Задачи	1,3	2,4	2,3	1,4	1,3	2,3	2,4	1,3	1,4	2,4
7 Вопросы	5,15,30	6,18,31	7,20,29	8,12,28	9,14,23	10,22,25	1,17,27	2,19,24	3,11,26	4,13,29
Задачи	1,3	1,4	2,4	1,3	1,4	2,4	1,4	2,4	2,3	2,3
8 Вопросы	4,14,29	5,16,30	6,19,31	7,11,32	8,13,33	9,15,34	10,21,24	1,18,25	2,20,28	3,12,22
Задачи	1,4	2,3	1,3	2,3	1,3	2,4	2,3	1,4	2,4	1,3
9 Вопросы	3,13,23	4,15,25	5,17,26	6,20,27	7,12,28	8,14,24	9,16,30	10,22,31	1,19,29	2,11,33
Задачи	1,3	1,4	2,3	1,4	2,4	1,3	2,4	2,3	1,3	2,4
0 Вопросы	2,12,33	3,14,26	4,16,27	5,18,29	6,11,22	7,13,21	8,15,32	9,17,26	10,18,29	1,23,30
Задачи	2,3	1,3	1,4	2,3	1,4	1,3	2,3	2,4	2,4	1,3

## Вопросы

1. Строение и состав газовой оболочки Земли.
2. Категории организмов: продуценты, консументы и редуценты. Пищевые связи. Непищевые взаимоотношения.
3. Проблемы, связанные с антропогенным воздействием на биосферу. Экологический кризис.
4. Влияние атмосферных загрязнений на окружающую среду и здоровье населения.
5. Основные химические примеси, загрязняющие атмосферу.
6. Кислотные дожди.
7. Парниковый эффект.
8. Разрушение озонового слоя.
9. Пыль и аэрозоли.
10. Структура экосистем. Биотические, абиотические и антропогенные факторы.
11. Технические методы пылеочистки.
12. Основные методы защиты атмосферы от химических примесей.
13. Классификация систем очистки воздуха и их параметры.
14. Системы и аппараты пылеулавливания.
15. Современные методы очистки сточных вод.
16. Характеристика водных ресурсов Земли. Водный Кодекс РФ.
17. Рациональное использование водных ресурсов.
18. Защита поверхностных вод от воздействия транспортно-дорожного комплекса.
19. Характеристика сточных вод.
20. Классификация сточных вод, их загрязнения, состав, ПДК и условия сброса в водоемы.
21. Нормирование качества воды в водоемах.
22. Закон лимитирующих факторов. Экологические пирамиды. Устойчивость экосистем.
23. Современные методы очистки сточных вод: механические, физико-химические, биохимические.
24. Основы процессов и принципы механической очистки стоков.
25. Физико-химические методы очистки сточных вод.
26. Способы предотвращения образования твердых отходов: повторное их использование.
27. Классификация твердых отходов.
28. Основные принципы охраны окружающей среды. Состав природоохранного законодательства. Закон Российской Федерации "Об охране окружающей среды" № 7-ФЗ.
29. Методы и способы утилизации и ликвидации отходов.
30. Ценность мусора. Утилизация твердых бытовых отходов.
31. Основные тенденции и потенциальные возможности переработки отходов.
32. Методы обезвреживания и переработки твердых промышленных отходов.
33. Условия временного накопления и хранения отходов.

## Задача №1

Рассчитать величину максимальной концентрации вредного вещества у земной поверхности, прилегающей к промышленному предприятию, расположенному на ровной местности, при выбросе из трубы нагретой газовой смеси.

Вариант исходных данных принять по предпоследней цифре учебного шифра (табл. 2).

Таблица 2

Исходные данные к задаче 1	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Фоновая концентрация вредного вещества в приземном воздухе $C_{ф}$ , мг/м <sup>3</sup>	0,02	0,9	0,01	0,01	0,01	1,5	0,01	0,01	0,03	0,6
Масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, $M$ , г/с	0,8	7,6	0,4	0,2	0,7	7,5	0,3	0,7	0,9	7,6
Объем газовой смеси, выбрасываемой из трубы, $Q$ , м <sup>3</sup> /с	2,4	2,7	3,1	3,3	2,9	2,4	2,8	2,9	3,2	2,4
Разность между температурой выбрасываемой смеси и температурой окружающего воздуха $\Delta T$ , °C	12	14	16	18	13	15	17	12	16	14
Высота трубы $H$ , м	21	23	25	22	24	21	23	24	25	21
Диаметр устья трубы $D$ , м	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	1,0
Выбрасываемые вредные вещества	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2

Примечание. В таблице цифрами обозначены выбрасываемые вещества: 1 - оксид азота (NO); 2 - оксид углерода (CO); 3 - диоксид азота (NO<sub>2</sub>); 4 - диоксид серы (SO<sub>2</sub>).

### Указания к решению задачи

1. Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества  $C_m$ , мг/м<sup>3</sup>, при выбросе нагретой газовой смеси из одиночного источника при неблагоприятных метеорологических условиях определить по формуле

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot \Delta T}},$$

где  $A$  - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе (принять по прил. 1 для региона проживания студента);

$F$  - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе (для газообразных вредных веществ  $F = 1$ );

$h$  - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (в случае ровной местности  $h=1$ );

$m, n$  - безразмерные коэффициенты, вычисляемые согласно п.2.

2. Для определения  $C_m$  необходимо:

рассчитать среднюю скорость  $w_0$ , м/с, выхода газовой смеси из устья источника выброса

$$w_0 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

значения коэффициентов  $m$  и  $n$  определить в зависимости от параметров  $f$  и  $v_m$ , м/с:

$$f = 1000 \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T};$$

$$v_m = 0,653 \sqrt{\frac{Q \Delta T}{H}};$$

коэффициент  $m$  определить в зависимости от  $f$  по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}};$$

коэффициент  $n$  определить в зависимости от величины  $v_m$

при  $v_m \geq 2$   $n = 1$ ;

при  $0,5 \leq v_m < 2$   $n = 0,532 v_m^2 - 2,13 v_m + 3,13$ ;

при  $v_m < 0,5$   $n = 4,4 v_m$ .

3. При неблагоприятных метеорологических условиях максимальная приземная концентрация вредных веществ достигается на расстоянии от источника выброса

$$x_m = (5 \div 6) H, \text{ м.}$$

4. Определить фактическую концентрацию вредного вещества у поверхности земли с учетом фонового загрязнения воздуха.

5. Дать оценку рассчитанного уровня загрязнения воздуха в приземном слое промышленными выбросами путем сравнения со среднесуточной предельно допустимой концентрацией (ПДК) (см. прил. 2).

### Задача № 2

Определить величину предельно допустимого выброса (ПДВ) несгоревших мелких частиц топлива (сажи), выбрасываемых из трубы котельной. Рассчитать максимально допустимую концентрацию сажи около устья трубы.

Вариант исходных данных принять по предпоследней цифре учебного шифра (табл.3).

Таблица 3

Исходные данные к задаче 2	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Фоновая концентрация сажи в приземном воздухе $C_f$ , мг/м <sup>3</sup>	0,01	0,008	0,006	0,004	0,01	0,008	0,006	0,005	0,01	0,007
Масса сажи, выбрасываемой в атмосферу, $M$ , г/с	2,5	1,8	1,2	2,6	1,4	0,9	1,3	2,7	1,1	1,5
Объем газовой смеси, выбрасываемой из трубы, $Q$ , м <sup>3</sup> /с	5,2	5,4	5,6	5,8	5,1	5,3	5,5	5,7	5,2	5,4
Разность между температурой выбрасываемой смеси и температурой окружающего воздуха $\Delta T$ , °С	42	44	50	58	61	53	49	52	54	48
Высота трубы $H$ , м	26	18	24	17	15	23	14	27	28	26
Диаметр устья трубы $D$ , м	0,9	1,0	0,8	1,1	0,9	0,8	0,7	1,0	1,1	0,9

#### Указания к решению задачи

1. Предельно допустимый выброс ПДВ, г/с, нагретого вредного вещества из трубы в атмосферу, при котором содержание его в приземном слое не превышает предельно допустимой концентрации (ПДК), определяется по формуле:

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\phi}) \cdot H^2 \sqrt[3]{Q \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}$$

где ПДК - максимальная разовая предельно допустимая концентрация, мг/м<sup>3</sup>,  
(принимается по прил. 2);

$F$  - коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе (для крупнодисперсной пыли  $F = 2,5$ );

$A, m, n, h$  - параметры, определяемые аналогично задаче 1.

3. Для возможности сравнения с фактической (измеряемой приборами) рассчитать величину максимально допустимой концентрации сажи в выбросах около устья трубы, г/м<sup>3</sup>:

$$C_{\text{мг}} = \frac{ПДВ}{Q}$$

4. Сравнить ПДВ с заданным выбросом сажи  $M$  и сделать выводы о возможности работы котельной.

### Задача № 3

Определить основные размеры нефтеловушки, используемой в качестве первой ступени очистки воды в оборотной системе водоснабжения промывочно-пропарочной станции, и эффективность ее работы.

Вариант исходных данных принять по предпоследней цифре учебного шифра (табл.4).

Таблица 4

Исходные данные к задаче 3	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Количество обрабатываемых цистерн в сутки $N$ , шт.	100	120	150	200	110	160	210	200	180	170
Расход воды на промывку одной цистерны $P_{\text{ц}}$ , м <sup>3</sup>	15	20	17	16	25	20	15	16	18	21
Скорость движения воды в отстойной зоне нефтеловушки, $v_{\text{в}}$ , м/с	0,005	0,010	0,003	0,008	0,004	0,011	0,006	0,005	0,010	0,007
Глубина проточной части отстойной зоны нефтеловушки $H$ , м	2,0	1,9	2,2	3,0	2,4	2,1	1,8	3,1	2,8	2,3

Наименьший размер улавливаемых частиц нефтепродуктов в сточной воде $r_{ч}$ , $10^{-6}$ м	50	60	40	80	50	70	60	70	80	70
Начальная концентрация нефтепродуктов в очищаемой воде $C_n$ , г/м <sup>3</sup>	920	860	780	640	900	1000	550	880	1100	950

Примечания.

1. Коэффициент часовой неравномерности поступления очищаемой воды  $k_H = 1,5$ .
2. Число секций в нефтеловушке  $n = 3$ .
3. Допустимая концентрация нефтепродуктов на выходе нефтеловушки  $C_k = 150$  г/м<sup>3</sup>.
4. Температура оборотной воды, подаваемой в нефтеловушку, не ниже 20 °С.

#### Указания к решению задачи

1. Определить максимальный секундный расход воды, м<sup>3</sup>/с через одну секцию нефтеловушки по формуле

$$Q_{\max} = \frac{k_H \cdot P_{ц} \cdot N}{n \cdot 24 \cdot 3600},$$

2. Определить требуемую ширину  $B$ , м, каждой секции нефтеловушки из условия пропуск  $Q_{\max}$  по формуле

$$B = \frac{Q_{\max}}{v_g \cdot H},$$

Значение  $B$ , м, округлить до целых значений в большую сторону.

3. Для предварительного расчета размеров нефтеловушки принять ламинарный характер потока воды в отстойной зоне при постоянных скоростях движения воды  $v_B$  и всплытия частиц нефтепродуктов  $v_{ч}$ .

Скорость всплытия частиц нефтепродуктов  $v_{ч}$ , м/с, найти из условия равенства выталкивающей архимедовой силы и силы вязкого сопротивления воды по формуле

$$v_{ч} = \frac{2 \cdot g \cdot r_{ч}^2}{9 \cdot \gamma} \cdot \left( 1 - \frac{\rho_p}{\rho_B} \right)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;

$r_{\text{ч}}$  - радиус (размер) улавливаемых частиц нефтепродуктов,  $\text{м}$ ;

$r_{\text{ч}}, r_{\text{в}}$  - соответственно плотности частиц нефтепродуктов и воды,  $\text{кг/м}^3$  (принять самостоятельно по справочным данным);

$g$  - кинематическая вязкость воды,  $\text{м}^2/\text{с}$ , зависящая от температуры, для  $20\text{ }^\circ\text{C}$   $g = 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$ .

4. Длина отстойной зоны нефтеловушки  $L$ ,  $\text{м}$ , определяется из условия равенства времени всплытия нефтешаггиц на поверхность и времени прохождения потока воды в отстойной зоне:

$$L = \frac{V_{\text{в}}}{v_{\text{ч}}} \cdot H$$

5. С учетом реальных турбулентных процессов, происходящих в нефтеловушке, действительная скорость всплытия нефтешаггиц будет равна:

$$v_{\text{ч}}' = v_{\text{ч}} - w,$$

где  $w$  - вертикальная турбулентная составляющая скорости,  $\text{м/с}$ ; с достаточной для практики точностью может быть принята равной  $0,04v_{\text{в}}$ .

6. Уточнить длину отстойной зоны нефтеловушки по формуле

$$L' = \frac{V_{\text{в}}}{v_{\text{ч}}'} \cdot H$$

Найденное значение  $L'$ ,  $\text{м}$ , округлить до целого значения в большую сторону.

7. Эффективность работы нефтеловушки по уменьшению концентрации нефтепродуктов в очищаемой воде определить по формуле

$$\eta = 1 - e^{-v_{\text{ч}}' L' / (v_{\text{в}} H)}$$

8. Вычислить фактическую концентрацию нефтепродуктов на выходе нефтеловушки,  $\text{г/м}^3$ :

$$C_{\text{ф}} = C_{\text{н}}(1 - \eta),$$

сравнить ее с допустимой по условиям задачи  $C_{\text{к}}$  и сделать выводы.

### Задача № 4

Сравнить эффект очистки производственных сточных вод от растворимых примесей на одно- и многоступенчатой сорбционной установке.

Вариант исходных данных для расчета принять по предпоследней цифре учебного шифра (табл.5).

Таблица 5

Исходные данные к задаче 4	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Расход сточных вод $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	17	19	18	20	16	18	20	19	17	16
Доза сорбента $C_c$ , кг/м <sup>3</sup>	1,4	1,5	1,45	1,6	1,3	1,55	1,7	1,65	1,45	1,4
Количество ступеней в сорбционной установке $n$	3	5	4	5	3	4	3	4	5	3
Начальная концентрация сорбата в сточных водах $C_H$ , кг/м <sup>3</sup>	0,28	0,26	0,27	0,29	0,31	0,28	0,26	0,29	0,31	0,26
Необходимая степень очистки сточных вод в сорбционной установке, %	97	96	98	93	96	97	95	98	93	94

#### Указания к решению задачи

1. Определить:

расход сорбента, кг/ч, при очистке сточных вод в одноступенчатой установке

$$m_1 = C_c \cdot Q;$$

расход сорбента, кг/ч, на каждой ступени при многоступенчатой очистке сточных вод

$$m_i = \frac{m_1}{n}$$

концентрацию сорбата (поглощаемого вещества) в сточных водах после двух вариантов очистки одноступенчатой ( $i = 1$ ) и многоступенчатой ( $i = n$ ):

$$c_i = \left\{ \frac{Q \cdot 10^3}{Q \cdot 10^3 + K_{\text{адс}} m_i} \right\}^i \cdot c_H$$

Адсорбционную константу распределения сорбата между сорбентом и раствором  $K_{\text{адс}}$  принять равной 8000.

Определить эффект очистки сточных вод  $\mathcal{E}_i$ , %, соответственно на одно- и многоступенчатой сорбционной установке:

$$\mathcal{E}_i = \frac{C_H - C_i}{C_H} \cdot 100\%$$

2. Сделать вывод об эффективности очистки сточных вод в одно- и многоступенчатых сорбционных установках.

## Значения коэффициента А

Наименование района	Значение А
Центр Европейской территории России: Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области	140
Север и Северо-Запад Европейской территории России, Среднее Поволжье, Урал (территория севернее 52 <sup>0</sup> с.ш.)	160
Европейская территория России и Урала от 50 до 52 <sup>0</sup> с.ш. (Саратовская, Воронежская, Курская, Белгородская, Оренбургская области)	180
Европейская территория России: районы южнее 50 <sup>0</sup> с.ш. (Ростовская область, Краснодарский и Ставропольский края, Калмыкия), Нижнее Поволжье, Кавказ; Азиатская территория России; Дальний Восток, Сибирь	200

## Предельно допустимые концентрации (ПДК)

загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

населенных пунктов

Наименование вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	
		максимальная разовая	среднесуточная
Азота диоксид NO <sub>2</sub>	2	0,085	0,04
Азота оксид NO	3	0,6	0,06
Пыль неорганическая	3	0,5	0,15
Сажа	3	0,15	0,05
Серы диоксид SO <sub>2</sub>	3	0,5	0,05
Углерода оксид CO	4	5,0	3,0

Продолжительность отстаивания сточных вод в цилиндре  
высотой 0,5 м в зависимости от эффекта осветления

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания, с, взвешенных веществ при их концентрации, г/м <sup>3</sup>										
	коагулирующих				мелкодисперсных минеральных					структурных тяжелых	
	100	200	300	500	500	1000	2000	3000	200	300	400
20	600	300	-	-	150	140	100	40	-	-	-
30	900	540	320	260	180	150	120	50	-	-	-
40	1320	650	450	390	200	180	150	60	75	60	45
50	1900	900	640	450	240	200	180	80	120	90	60
60	3800	1200	970	680	280	240	200	100	180	120	75
70	-	3600	2600	1830	360	280	230	130	390	180	130
80	-	-	-	5260	1920	690	570	370	300	580	380
90	-	-	-	-	-	2230	1470	1080	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	3600	1850	-	-	-

### **Учебно-методические издания, в т.ч. в электронном виде**

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов /Под ред. С.В.Белова. 4-е изд., испр. и доп.- М.: Высш. шк., 2004. – 606с.
2. ГОСТ Р 54933-2012 Шум, Методы расчёта уровней внешнего шума, излучаемого железнодорожным транспортом.
3. Каталог электронных пособий в системе дистанционного обучения «Космос» – <http://stellus.rgotups.ru/> - «Вход для зарегистрированных пользователей» - «Ввод логина и пароля доступа» - «Просмотр справочной литературы» - «Библиотека».
4. Каталог учебно-методических комплексов дисциплин – <http://www.rgotups.ru/ru/chairs/> - «Выбор кафедры» - «Выбор документа»

### **Информационно-справочные и поисковые системы**

1. Официальный сайт РОАТ – <http://www.rgotups.ru/ru/>
4. Система дистанционного обучения «Космос» – <http://stellus.rgotups.ru/>
5. Официальный сайт библиотеки РОАТ – <http://lib.rgotups.ru/>
6. Поисковые системы «Яндекс», «Google» для доступа к тематическим информационным ресурсам.

### **Библиотека академии**

1. Экология Сидоров Ю.П., Рассказов С.В. М.: РГОТУПС, 2005, стр. 5-107.
2. Практическая экология на железнодорожном транспорте Ю.П.Сидоров, Т.В. Гаранина 2013, Москва, стр. 6-47, 105-137 3