

НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МИНИСТЕРСТВО

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

## **Методические указания**

по выполнению практических работ  
по дисциплине «Основы промышленной безопасности»  
для студентов направления подготовки 18.03.01 Химическая технология  
направленность (профиль) Химическая технология неорганических веществ  
(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО и рабочей программы дисциплины «Основы промышленной безопасности». Указания предназначены для студентов очной формы обучения направления подготовки 18.03.01 Химическая технология.

Содержат основные разделы изучаемого теоретического материала, перечень вопросов необходимых для проработки, а также список рекомендуемой литературы.

Составитель      М.В. Должикова, доцент кафедры ХТМиАХП

## Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	
Практическое занятие №1. Расчет рассеяния химических загрязнений атмосферы от выбросов одиночного источника.....	3
Практическое занятие №2. Расчет циклонного оборудования для очистки газовых выбросов.....	7
Практическое занятие №3. Расчет фильтровального оборудования для очистки газовых выбросов.....	13
Практическое занятие №4. Расчет скруббера для очистки газовых выбросов	16
Практическое занятие №5. Расчеты снижения виброакустических загрязнений окружающей среды.....	18
Практическое занятие №6. Расчет потребной эффективности очистки сточных вод.....	26
Практическое занятие №7. Расчет горизонтальной нефтеловушки для очистки сточных вод.....	30
Практическое занятие №8. Расчет отстойника непрерывного действия с гребковой мешалкой для очистки сточных вод.....	34
Практическое занятие №9. Расчеты предохранительных устройств оборудования и избыточного давления взрыва.....	37
ЛИТЕРАТУРА.....	46

## **Введение**

Дисциплина «Основы промышленной безопасности» относится к дисциплине базовой части. Она направлена на формирование общекультурных и профессиональных компетенций, обучающихся в процессе выполнения работ, определенных ФГОС ВО.

Методические указания составлены на современном научном уровне и рассчитаны на студентов, по направлению 18.03.01 Химическая технология.

Последовательность тем соответствует логической структуре ее прохождения. Предлагаемые методические указания содержат материал, который рекомендуется использовать студентам при подготовке к практическим занятиям.

Для подготовки к практическим занятиям студент должен изучить материал по соответствующей теме, используя основную и дополнительную литературу, а также используя периодические издания СМИ.

## Практическое занятие №1. Расчет рассеяния химических загрязнений атмосферы от выбросов одиночного источника

**Цель:** приобретение знаний и умений по практическому определению концентрации загрязняющих веществ в атмосфере при рассеянии выбросов.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является освоение методов расчета количественного содержания загрязняющих веществ в атмосфере на определенном расстоянии от источника.

Примерами одиночных точечных источников – загрязнителей атмосферы являются дымовые трубы трубчатых печей, трубы вывода сбросных и продувочных газов.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества  $c_m$ , мг/м<sup>3</sup>, при выбросе газовой смеси из трубы с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии  $x_m$ , м, от источника и определяется по формуле:

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

где  $A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (например, для Ставропольского края принимается равным 200);  $M$  – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;  $F$  – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе (для газообразного топлива принимается равным 1);  $m$ ,  $n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса (определяются по формулам);  $H$  – высота источника выброса, м;  $\eta$  – коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (для ровной или слабопересеченной местности принимается равным 1);  $V$  – расход газовой смеси, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta T$  – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси и температурой атмосферного воздуха.

Значение коэффициента  $m$  определяется в зависимости от параметра  $f$ :

$$f = \frac{1000 w_o^2 D}{H^2 \Delta T}$$

где  $w_o$  – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с;  $D$  – диаметр устья источника выброса, м.

При этом средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса может быть определена по формуле:

$$w_o = \frac{4 V}{\pi D^2}.$$

Тогда:

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

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

Коэффициент  $n$  определяется в зависимости от параметра  $v_m$ :

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V \Delta T}{H}}.$$

Тогда:

$$\text{при } v_m \geq 2 \quad n = 1,$$

$$\text{при } 0,5 \leq v_m < 2 \quad n = 0,532 \frac{-2,13}{v^2} + 3,13 \frac{v_m}{m},$$

$$\text{при } v_m < 0,5 \quad n = 4,4 v_m.$$

Расстояние  $x_m$  определяется по формуле:

$$x_m = \frac{(5 - F)}{4} d H,$$

где  $d$  – безразмерный коэффициент.

При  $f < 100$  коэффициент  $d$  находится по формулам:

$$\text{при } v_m \leq 0,5; \quad 2;$$

$$\text{при } 0,5 < v_m \leq$$

$$d = 2,48 (1 + 0,28 \sqrt[3]{f});$$

при  $v_m > 2$

$$d = 4,95 v_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f});$$

$$d = \frac{\sqrt{v_m}}{7} (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}).$$

При  $f \geq 100$  коэффициент  $d$  находится в зависимости от  $v'_m = 1,3 \frac{w_0 D}{H}$  по

формулам:

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

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

$$\text{при } v'_m > 2 \quad d = 16 \sqrt[3]{v'_m} .$$

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам.

1. По данным, приведенным в таблице 1.1, определите максимальное значение приземной концентрации загрязняющих веществ (диоксида азота и оксида углерода)  $c_m$ , мг/м<sup>3</sup>, при выбросе газовойоздушной смеси из печной трубы и расстояние  $x_m$ , м, на котором она достигается при неблагоприятных метеорологических условиях.

Высота трубы  $H$ , диаметр устья  $D$ , расход газовойоздушной смеси  $V$ , температура  $T$ , массовый выброс диоксида азота  $M_1$  и оксида углерода  $M_2$ . Источник загрязнений расположен в Ставропольском крае, температура воздуха – 25 °С, местность ровная. ПДК<sub>1</sub> = 0,085, ПДК<sub>2</sub> = 5 мг/м<sup>3</sup>.

Таблица 1.1 – Исходные данные к заданию

№ варианта	$H, м$	$D, м$	$V, м^3/с$	$T, °С$	$M_1, г/с$	$M_2, г/с$
1	30	1,0	5,0	160	4,0	11,0
2	35	0,9	5,1	160	4,0	11,0
3	30	1,0	5,2	160	4,0	11,1
4	35	0,9	5,3	155	4,1	11,1
5	40	1,0	5,4	155	4,1	11,2
6	40	0,9	5,5	155	4,1	11,2
7	35	1,0	5,6	160	4,2	11,1



8	30	0,9	5,7	160	4,2	11,1
9	40	1,2	5,8	160	4,2	11,0
10	40	1,0	5,9	155	4,1	11,0
11	50	1,2	6,0	155	4,1	10,8
12	50	1,4	6,1	155	4,1	10,8
13	55	1,2	6,2	160	4,0	10,5
14	55	1,4	6,3	160	4,0	10,5
15	60	1,4	6,4	160	4,0	10,6
16	60	1,3	6,5	155	4,2	10,6
17	45	1,3	6,6	155	4,2	10,7
18	45	1,2	6,7	155	4,2	10,7

2. Проверьте условие безопасности суммирующего действия загрязнителей по формуле:

$$\frac{c_{M1}}{ПДК_1} + \frac{c_{M2}}{ПДК_2} \leq 1,$$

где  $c_{M1}$  и  $c_{M2}$  – максимальные значения приземной концентрации диоксида азота и оксида углерода;  $ПДК_1$  и  $ПДК_2$  – предельно допустимые концентрации соответственно диоксида азота и оксида углерода.

Если условие не выполняется, определите, какой должна быть высота трубы, чтобы была обеспечена экологическая безопасность?

### Контрольные вопросы

1. Приведите примеры одиночных источников загрязнения атмосферы.
2. Как влияет на максимальное значение приземной концентрации вредного вещества высота источника выброса?
3. Как влияет на максимальное значение приземной концентрации вредного вещества разность между температурой выбрасываемой газовой смеси и температурой атмосферного воздуха?
4. Как влияет на максимальное значение приземной концентрации вредного вещества диаметр устья источника выброса?

## Практическое занятие №2. Расчет циклонного оборудования для очистки газовых выбросов

**Цель:** приобретение знаний и умений по практическому использованию расчетного метода определения размеров циклонов для уменьшения загрязнений атмосферы.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является подбор типового циклонного оборудования для реализации процесса газоочистки промышленных выбросов в атмосферу.

Системы и методы очистки атмосферных выбросов от загрязнений можно классифицировать по схеме, показанной на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Схема классификации систем и методов очистки атмосферных выбросов

Системы очистки газовых выбросов, чаще всего – использованного воздуха, от пыли делятся на четыре основные группы: сухие и мокрые пылеуловители, а также электрофильтры и фильтры.

При повышенном содержании пыли в воздухе используют пылеуловители и электрофильтры. Фильтры применяют для тонкой очистки воздуха с концентрацией примесей менее 100 мг/м<sup>3</sup>.

Для очистки воздуха от туманов (например, кислот, щелочей, масел и других жидкостей) используют специальные системы фильтров, называемых туманоуловителями.

Выбор средств защиты воздуха от газопарообразных примесей зависит от применяемого метода очистки.

По характеру протекания физико-химических процессов выделяют метод абсорбции (промывка выбросов растворителями примеси), хемосорбции (промывка выбросов растворами реагентов, связывающих примеси химически), адсорбции (поглощение газообразных примесей пористыми твердыми поглотителями) и термической нейтрализации.

Все процессы извлечения из воздуха взвешенных частиц включают, как правило, две операции:

- осаждение частиц пыли или капель жидкости на сухих или смоченных поверхностях;
- удаление осадка с поверхностей осаждения.

Основной операцией является осаждение, по ней, собственно, и классифицируют все пылеуловители. Однако вторая операция, несмотря на кажущуюся простоту, связана с преодолением ряда технических трудностей, часто оказывающих решающее влияние на эффективность очистки или применимость того или иного метода.

Выбор того или иного пылеулавливающего устройства предопределяется дисперсным составом улавливаемых частиц промышленной пыли.

Эффективность процесса очистки от вредных примесей характеризуется степенью снижения вредных примесей выброса в применяемом средстве очистки и определяется коэффициентом, определяемым по формуле:

$$\eta = \frac{C_{вх} - C_{вых}}{C_{вх}},$$

где  $C_{вх}$  и  $C_{вых}$  – концентрации вредных примесей до и после использования средства очистки.

При использовании комплекса газоочистного оборудования для улавливания твердых взвесей широкого фракционного состава процессы ведут по схеме:

пылеосадительная камера/отстойный газоход → циклон → фильтр → скруббер.

Основные размеры одиночного циклона определяются в зависимости от его диаметра  $D$ .

Диаметр циклона определяют по условной скорости газа  $w_{ц}$ , отнесенной к полному поперечному сечению цилиндрической части циклона:

$$D = \sqrt{\frac{V}{2826 w_{ц} \rho}},$$

где  $V$  – расход газа, проходящего через циклон, кг/ч;  $\rho$  – плотность очищаемого газа, кг/м<sup>3</sup>.

Так, например плотность воздуха в зависимости от температуры ( $t$ , °C) можно определить по формуле:

$$\rho = 1,29 \frac{273}{(273 + t)}$$

Условная скорость газа будет равна:

$$w_{ц} = \frac{2}{\xi} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}},$$

где  $\Delta p$  – гидравлическое сопротивление циклона, Па;  $\xi$  – коэффициент гидравлического сопротивления.

Для определения скорости задаются оптимальным соотношением  $\Delta p/\rho$ , которое изменяется в пределах 550...750 м<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>.

Другие размеры циклона (в долях от диаметра  $D$ ) определяются по соотношениям, приведенным в таблице 2.1.

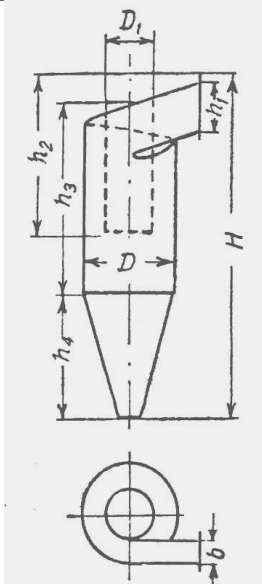
Расчет батарейного циклона сводится к определению числа циклонных элементов исходя из требуемого расхода очищаемого газа и его скорости.

Скорость газа в цилиндрической части циклонного элемента ( $w_{ц}$ , м/с) можно определить по формуле:

$$w_{ц} = \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\xi \rho}},$$

где  $\Delta p$  – гидравлическое сопротивление циклона, Па;  $\xi$  – коэффициент гидравлического сопротивления;  $\rho$  – плотность очищаемого газа, кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 2.1 – Соотношения размеров циклона

	Характеристика циклона	Тип циклона		
		ЦН-24	ЦН-15	ЦН-11
Диаметр выходного патрубка $D_1$		0,6	0,6	0,6
Ширина входного патрубка $b$		0,26	0,26	0,26
Высота входного патрубка $h_1$		1,11	0,66	0,48
Высота выходного патрубка $h_2$		2,11	1,74	1,56
Высота цилиндрической части $h_3$		2,11	2,26	2,08
Высота конической части $h_4$		1,75	2,0	2,0
Общая высота циклона $H$		4,26	4,50	4,38
Коэффициент сопротивления $\xi$		60	105	180

Расход газа на один элемент батарейного циклона ( $V_1$ , м<sup>3</sup>/ч) составит:

$$V_1 = 900 \pi d^2 w_{ц},$$

где  $d$  – диаметр циклонного элемента, м.

Требуемое число элементов:

$$n = \frac{Q}{V_1},$$

где  $Q$  – производительность циклона, м<sup>3</sup>/ч.

Найденное число элементов можно распределить по 4, 6 или 8 штук в одном ряду.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Исходные данные приведены в таблицах 2.2, 2.3

Таблица 2.2 – Данные к расчету циклона

№ варианта	Тип циклона	$V, \text{кг/ч}$	$\frac{\Delta p}{\rho}, \text{м}^2/\text{с}^2$	$t, \text{°C}$
1	ЦН-24	3000	550	100
2	ЦН-15	2500	600	110
3	ЦН-11	2000	650	120
4	ЦН-24	3200	700	130
5	ЦН-15	2700	750	140
6	ЦН-11	2200	550	130
7	ЦН-24	3400	600	120
8	ЦН-15	2900	650	110
9	ЦН-11	2400	700	100
10	ЦН-24	2800	750	105
11	ЦН-15	2300	550	115
12	ЦН-11	1800	600	125
13	ЦН-24	2600	650	135
14	ЦН-15	2100	700	145
15	ЦН-11	1600	750	155
16	ЦН-24	2150	720	118

1. По исходным данным, приведенным в таблице 2.2, рассчитайте размеры циклона для выделения частиц сухого материала из воздуха, выходящего из распылительной сушилки.

2. Изобразите схему циклона, указав на ней полученные в результате расчета размеры.

3. По исходным данным, приведенным в таблице 2.3, определите число элементов батарейного циклона типа БЦ, используемого для очистки газа от слабо слипающейся пыли. Диаметр элемента  $d = 150 \text{ мм}$ .

Гидравлическое сопротивление батарейного циклона не должно превышать значения  $\Delta p$ .

Таблица 2.3 – Данные к расчету батарейного циклона

№ варианта	$Q, \text{м}^3/\text{ч}$	$\zeta$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\Delta p, \text{Па}$
1	8000	90	0,65	540
2	8200	65	0,60	560
3	8400	90	0,55	580
4	8600	65	0,50	600
5	8800	90	0,65	620
6	9000	65	0,60	640
7	9200	90	0,55	660

8	9400	65	0,50	680
9	9600	90	0,65	700
10	9800	65	0,60	720
11	7800	90	0,55	700
12	7400	65	0,50	680
13	7200	90	0,65	660
14	7000	65	0,60	640
15	6800	90	0,55	620
16	6600	65	0,50	600

4. Составьте схему расположения элементов батарейного циклона.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие классы оборудования используются для очистки газов от пылей (туманов, газообразных примесей)?
2. Какие операции включают, как правило, все процессы извлечения из воздуха взвешенных частиц?
3. Как определяется эффективность процесса очистки воздуха от твердых или жидких примесей?
4. На основе каких данных рассчитывается диаметр циклона?
5. К определению каких данных сводится расчет батарейного циклона?
6. В каких случаях принимают решение об использовании мокрой очистки газов?

## Практическое занятие №3. Расчет фильтровального оборудования для очистки газовых выбросов

**Цель:** приобретение знаний и умений по практическому использованию расчетного метода определения характеристик фильтров для очистки газов от твердых взвесей.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является подбор типового фильтровального оборудования для реализации процесса газоочистки.

Фильтры применяют на второй и третьей ступенях очистки газовых потоков (пылеосадительная камера, циклон) с концентрацией твердых примесей не более 100 мг/м<sup>3</sup> (см. материал занятия №2).

Среди конструкций *фильтров* для очистки газов наиболее часто применяют рукавные аппараты, выпускаемые в соответствии с рядом каталогов. Для подбора типового фильтра предварительно необходимо определить размер необходимой площади фильтрования по формуле:

$$F = (V_1 + V_2)/v_{\phi} + F_c, \text{ м}^2,$$

где  $V_1$  – расход газа с учетом его подсоса, м<sup>3</sup>/мин;  $V_2$  – расход продувочных газов, м<sup>3</sup>/мин;  $v_{\phi}$  – газовая нагрузка на фильтр (удельная производительность), м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·мин);  $F_c$  – площадь фильтра в регенерируемой секции, м<sup>2</sup>.

Величину подсоса газа принимают ~10% от его расхода, а расход продувочного газа принимают из соотношения:

$$V_2/V_1 = 1,5 \dots 2.$$

Другие данные принимают по справочным данным с учетом типа фильтра и вида перегородки.

Как правило, рассматривают несколько вариантов подходящих типов фильтров и выбирают аппарат с лучшими показателями.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам.

1. Подобрать типовой рукавный фильтр для очистки воздуха, устанавливаемый после распылительной сушилки и циклона. Расход газовой смеси  $G$ , температура  $t$ . Диаметр улавливаемых частиц  $d_{\text{ч}} > 0,3$  мкм, а их концентрация не превышает 100 мг/м<sup>3</sup>. Материал частиц – аммофос и другие минеральные удобрения.

Исходные данные к расчетам приведены в таблице 3.1.



Таблица 3.1 - Исходные данные к заданию

№ варианта	$G, \text{кг/ч}$	$t, ^\circ\text{C}$	№ варианта	$G, \text{кг/ч}$	$t, ^\circ\text{C}$
1	3000	100	9	2400	100
2	2500	110	10	2800	105
3	2000	105	11	2300	95
4	3200	90	12	1800	90
5	2700	95	13	2600	105
6	2200	105	14	2100	110
7	3100	100	15	1700	100
8	2900	110	16	1900	90

2. В качестве возможного типа фильтра рекомендуется рассмотреть:
- СМЦ – фильтр со встряхиванием и продувкой ( $v_{\text{ф}} = 0,6 \dots 0,75 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$ );
  - ФРКИ или ФРКДИ - фильтр с импульсной продувкой ( $v_{\text{ф}} = 1,5 \dots 2 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$ );
  - ФРО или ФР - фильтр с обратной продувкой ( $v_{\text{ф}} = 0,45 \dots 0,55 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$ ).
3. По результатам расчетов рекомендуется выбрать типовой фильтр с наименьшей площадью поверхности фильтрования и представить его эскиз.

### Контрольные вопросы

1. В каких случаях для очистки газов применяют фильтры?
2. В каких случаях для очистки газов применяют электрофильтры?
3. Приведите классификацию фильтров для очистки газов.
4. На основе каких данных проводится выбор фильтра и фильтрующего материала?
5. Как подобрать оптимальный типоразмер фильтровального оборудования?
6. Приведите описание конструкции и принципа действия подобранного фильтра.

## Практическое занятие №4. Расчет скруббера для очистки газовых выбросов

**Цель:** приобретение знаний и умений по практическому освоению расчетного метода.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является выбор оптимального варианта проекта аппарата для реализации процесса технологического узла.

Расчетный диаметр  $D$  полого форсуночного скруббера зависит от скорости газа в его сечении и определяется по формуле:

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_{\Gamma} 900 \pi w_{\Gamma}}{\pi}}$$

где  $V_{\Gamma}$  – расход подаваемого на очистку газа, м<sup>3</sup>/ч;  $w_{\Gamma}$  – скорость газа, м/с.

Скорость газа, движущегося внутри скруббера, рекомендуется принимать равной около 1 м/с. Высота рабочей (цилиндрической) части скруббера принимается равной  $\sim 2,5D$ . Общая высота аппарата принимается конструктивно.

Расход рабочей жидкости  $V_{жс}$  определяют по соотношению:

$$V_{жс} = m V_{\Gamma},$$

где  $m$  – удельный расход жидкости, принимаемый в зависимости от концентрации дисперсных частиц очищаемой пыли в пределах 0,5...8 л/м<sup>3</sup>.

Расчетный диаметр штуцеров для подачи газа и жидкости определяется по формуле:

$$d = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot V}{\pi w}},$$

где  $V$  – расход газа или жидкости, м<sup>3</sup>/с;  $w$  – скорость газа (8...20) или жидкости (1..2) в штуцере, м/с. Размеры штуцеров согласуют с размерами ГОСТ на трубы.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. Исходные данные приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Исходные данные к заданию

№ варианта	$G_{\Gamma}$ , кг/ч	$t$ , °C	№ варианта	$G_{\Gamma}$ , кг/ч	$t$ , °C
------------	---------------------	----------	------------	---------------------	----------

1	5000	60	9	4000	60
2	5500	50	10	4500	50
3	6000	45	11	3500	45
4	6500	40	12	3000	40
5	7000	55	13	2500	55
6	7500	45	14	2000	45
7	8000	60	15	9500	60
8	8500	50	16	9000	50

1. Определите основные размеры (диаметр и высоту рабочей части) и расход жидкости для полого форсуночного скруббера при расходе очищаемого газа равном  $G_g$ , кг/ч при температуре  $t$ , °С и очистке пыли средней концентрации.
2. Постройте зависимость расчетного диаметра скруббера от скорости газа в пределах её изменения 0,8...1,2 м/с.
3. Определите размеры штуцеров для подачи газа и жидкости.
4. Представьте эскиз скруббера.

### Контрольные вопросы

1. Что понимают под «мокрой» очисткой газов?
2. Запишите формулу для определения диаметра полого форсуночного скруббера.
3. От каких факторов зависит расход орошающей жидкости в скруббере?
4. Как определить диаметр штуцера для подачи жидкого или газового потока в скруббер?
5. Куда следует направить поток шлама из скруббера для утилизации?

## Практическое занятие №5. Расчеты снижения виброакустических загрязнений окружающей среды

**Цель:** приобретение знаний и умений по практическому освоению расчетных методов снижения виброакустических загрязнений окружающей среды.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является выбор оптимального варианта проекта аппарата для реализации процесса технологического узла.

Всякий нежелательный для человека звук является шумом. Обычные промышленные шумы характеризуются хаотическим сочетанием звуков. В

производственных условиях источниками шума являются работающие станки и механизмы, ручные, механизированные и пневмоинструменты, электрические машины, насосы и компрессоры, трубопроводные системы, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры) и т.д.

*Интенсивность звука*, ( $I$ , Вт/м<sup>2</sup>) связана со *звуковым давлением* ( $p$ , (МПа·с)/м) зависимостью:

$$I = \frac{p^2}{\rho c},$$

где  $p$  – звуковое давление, Па;  $\rho$  – плотность среды (газа), кг/м<sup>3</sup>;  $c$  – скорость распространения звука (волны), м/с.

При частоте колебаний 1 кГц человеческое ухо воспринимает шум со звуковым давлением  $2 \cdot 10^{-5}$  Па, что соответствует *порогу слышимости*. При давлении в 200 Па возникает *порог болевого ощущения*. Интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости равна  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, а порогу болевого ощущения – 100 Вт/м<sup>2</sup>.

Для характеристики акустических явлений принята специальная измерительная система интенсивности звука и звукового давления, учитывающая приближенную логарифмическую зависимость между раздражением и слуховым восприятием, – шкала логарифмических единиц – децибелов (дБ), в которых измеряют уровни  $I$  и  $p$ .

Уровень интенсивности звука равен:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0},$$

где  $I_0$  – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости, а уровень звукового давления определяется формулой:

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}.$$

Подставив значения порога слышимости и порога болевого ощущения в эти формулы, получим, что изменение  $I$  и  $p$  составляет всего 140 дБ.

Любой источник шума характеризуется звуковой мощностью, которая определяет общее количество звуковой энергии, излучаемой источником в окружающее пространство за единицу времени. Уровень акустической мощности источника шума может быть определен по формуле:

$$L_W = 10 \lg \frac{W}{W_0},$$

где  $W$  – мощность звука;  $W_0$  – условный порог акустической мощности ( $W_0 = 10^{-12}$  Вт).

Если в производственном помещении находится  $n$  одинаковых источников шума, равноудаленных от расчетной точки и обладающих одинаковым уровнем шума  $L$ , то общий уровень будет равен:

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10 \lg n,$$

где  $L_1$  – уровень шума одного источника, дБ;  $n$  – число источников.

На производстве такое условие часто невыполнимо, поскольку износ технологического оборудования неодинаков, поэтому расчет ведут по формуле:

$$L_{\Sigma} = L_i + 10 \lg \left( 10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n} \right),$$

где  $L_1, L_2, L_n$  – уровни звукового давления, создаваемого источниками в расчетной  $i$ -той точке.

Различают следующие методы защиты от шума.

*Уменьшение шума в источнике возникновения:* замена ударных механизмов безударными, возвратно-поступательных движений вращательными, подшипников качения на подшипники скольжения, совершенствование кинематических схем, применение пластмассовых деталей, использование глушителей из звукопоглощающего материала, виброизоляция шумных узлов и частей машин, покрытие издающих шум поверхностей вибродемпфирующим материалом, статическая и динамическая балансировки.

*Звукопоглощение:* метод основан на поглощении звуковой энергии волн, распространяющихся по воздуху звукопоглощающими материалами, которые трансформируют ее в тепловую.

Звукопоглощающие материалы и конструкции подразделяют на: волокнисто-пористые (войлок, минеральная вата, фетр, акустическая штукатурка и др.); мембранные (пленка, фанера, закрепленные на деревянные обрешетки); резонаторные (классический резонатор Гельмгольца); комбинированные.

Звукопоглощающие свойства материалов определяются коэффициентом звукопоглощения, равным отношению количества поглощенной звуковой энергии ( $E_{погл}$ ) к общему количеству падающей энергии ( $E_{пад}$ ):

$$\alpha = \frac{E_{погл}}{E_{пад}},$$

причем при  $\alpha = 0$  вся звуковая энергия отражается без поглощения; при  $\alpha = 1$  вся энергия поглощается.

Коэффициенты звукопоглощения некоторых материалов имеют следующие значения: бетон – 0,015; стекло – 0,02; дерево – 0,1; войлок – 0,3...0,5.

Коэффициент поглощения стенки, состоящей из разных материалов, будет равен:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \delta_i}{\sum_{i=1}^n \delta_i},$$

где  $\alpha_i$  и  $\delta_i$  – коэффициент поглощения и толщина слоя соответствующего материала.

*Звукоизоляция:* метод основан на отражении звуковой волны, падающей на ограждение (экран). Звукоизолирующие свойства ограждения (экрана)

характеризуются коэффициентом звукопроницаемости – отношением прошедшей звуковой мощности ( $P_{прош}$ ) к падающей ( $P_{пад}$ ):

$$\tau = \frac{P_{прош}}{P_{пад}}.$$

Увеличение расстояния от машин (аппаратов), производящих сильный шум: суммарный уровень шума, дБ, на расстоянии  $r$ , м, от источника в свободном пространстве будет равен:

$$L_{\Sigma} = L_0 - 20 \lg r - 11,$$

где  $L_0$  – уровень шума источника, дБ.

*Индивидуальные средства защиты.* Суммарный уровень шума можно снизить на 5...20 дБ, используя вкладыши в ушные раковины: беруши, вату, губку и др. При уровне шума выше 120 дБ применяют наушники (антифоны) и специальные шлемы. Существуют шумопоглощающие кабины, внедряется дистанционное управление сверхшумными процессами или испытаниями.

Общий уровень аэродинамического шума ( $L_p$ , дБ), создаваемого паром, движущимся через вентиль в технологический аппарат, можно определить по формуле:

$$L_p = L_{\Delta p} + L_c + \Delta L_p,$$

где  $L_{\Delta p}$  – общий уровень звукового давления, дБ, определяемый в зависимости от перепада давления ( $\Delta p$ ) по формуле:

$$L_{\Delta p} = 7,5187 \ln \Delta p + 95,3950 ;$$

$L_c$  – коррекция для размерного коэффициента  $C_g$  скорости потока пара, дБ (определяется по диаграмме на рисунке 5.1);

$\Delta L_p$  – коррекция в зависимости от перепада давления, дБ (определяется по диаграмме на рисунке 5.2);

$\Phi_m - p_n$  – разность между давлением пара в магистрали ( $p_m$ , МПа) и давлением  $p =$

лением пара ( $p_n$ , МПа), поступающего в аппарат, МПа.

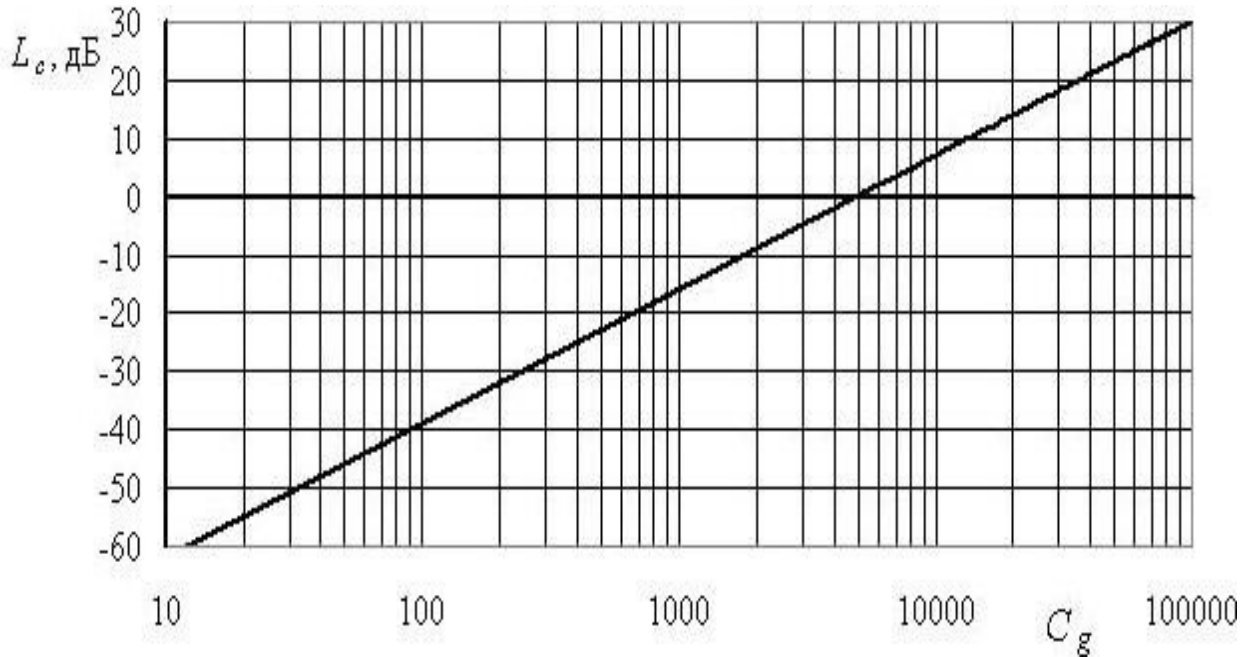


Рисунок 5.1 – Изменение звукового давления в зависимости от скоростного коэффициента  $\Delta L_p$ , дБ

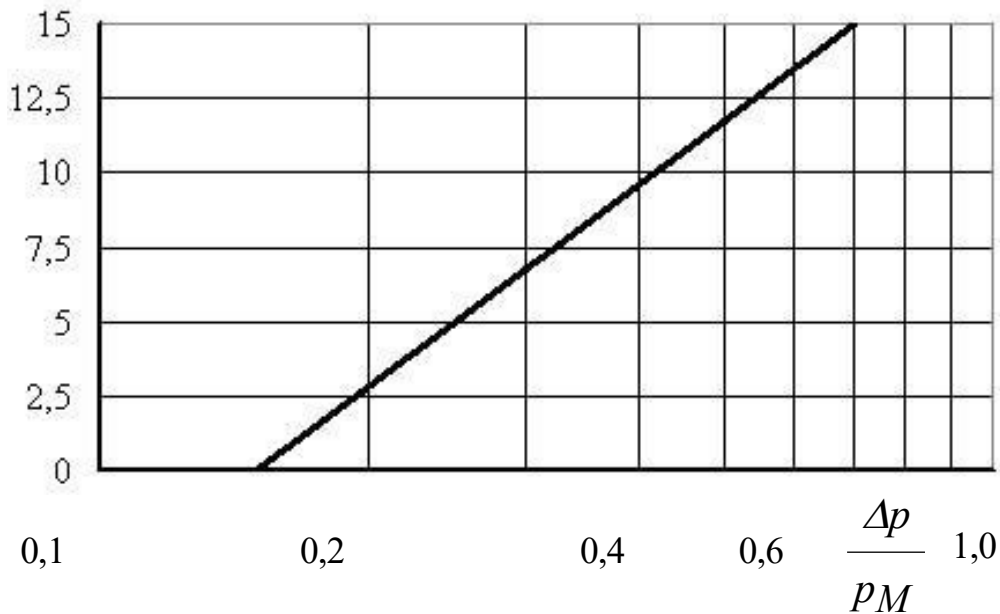


Рисунок 5.2 – Изменение звукового давления в зависимости от перепада давления пара

Скоростной коэффициент  $C_g$ , в свою очередь, определяется по формуле:

$$C_g = \frac{G_1 \cdot 103}{0,32 \rho_n p_M} \cdot \frac{l}{\sin(97,63 \sqrt{\Delta p}) p_M}$$

где  $G_1$  – расход греющего пара, т/ч;  $\rho_n$  – плотность пара, кг/м<sup>3</sup>, поступающего в аппарат (2,2 кг/м<sup>3</sup>).



$$\text{При } \frac{\Delta p}{0,15 p_m} \leq \quad \Delta L_p = 0, \quad \text{при } \frac{\Delta p}{p_m} > 0,7 \quad \Delta L_p = 15 \text{ дБ.}$$

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Определить, как изменится уровень акустической мощности (в %), если мощность звука возрастет с  $3 \cdot 10^{-12}$  Вт до  $4 \cdot 10^{-12}$  Вт?

2. На сколько дБ возрастет уровень шума от двух, пяти и десяти одинаковых источников по сравнению с уровнем шума каждого из них? На основе полученных данных постройте зависимость возрастания уровня шума от числа источников.

3. В производственном помещении имеется 5 источников шума, из которых три имеют уровень 20 дБ, а по одному, соответственно, 30 и 40 дБ. Как изменится общий уровень шума в точке наиболее шумного источника (в %), если в результате соответствующих мероприятий удалось снизить уровень шума каждого источника на 10%?

4. Каким будет коэффициент звукопоглощения, если между двумя бетонными стенами, толщиной 20 см, уложить слой войлока толщиной 10 см?

5. Во сколько раз суммарный уровень шума от источника с уровнем 50 дБ меньше на расстоянии 10 м, чем на расстоянии 1 м?

6. Определите общий уровень аэродинамического шума, создаваемого паром, движущимся через ventиль в технологический аппарат. Давление пара в магистрали составляет 0,6 МПа, в аппарате – 0,4 МПа. Расход пара – 6500 кг/ч.

7. Произвести оценку снижения уровня шума. Шум создает вентиляционная установка, расположенная на расстоянии  $L$  от административно-бытовых зданий. Уровень звукового давления, создаваемый вентиляционной установкой, составляет  $L_A$ . Между источником шума и расчетной точкой расположена зеленая зона.

Расчеты выполняются по вариантам. Исходные данные для расчетов приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные к расчетам

№ варианта	Расстояние до источника шума $L$ , м	Уровень звукового давления, $L_A$ , дБА	Полоса зеленых насаждений	Ширина полосы, м
1	500	100	однорядная	12
2	450	110	однорядная	18
3	400	105	двухрядная	23
4	350	95	двухрядная	28
5	300	115	однорядная	14
6	250	108	однорядная	19
7	200	107	двухрядная	24
8	150	104	двухрядная	29
9	100	102	трехрядная	28
10	50	112	однорядная	13

Уровень звука в расчетной точке на территории определяется по формуле:

$$L_{Атерр} = L_A - L_{Арасст} - L_{Азел}$$

где  $L_A$  – уровень звукового давления, создаваемый источником шума, дБА;  $L_{Арасст}$  – снижение уровня звука в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой, дБА (рисунок 5.3);  $L_{Азел}$  – снижение уровня звука полосами зеленых насаждений, дБА (таблица 5.2).

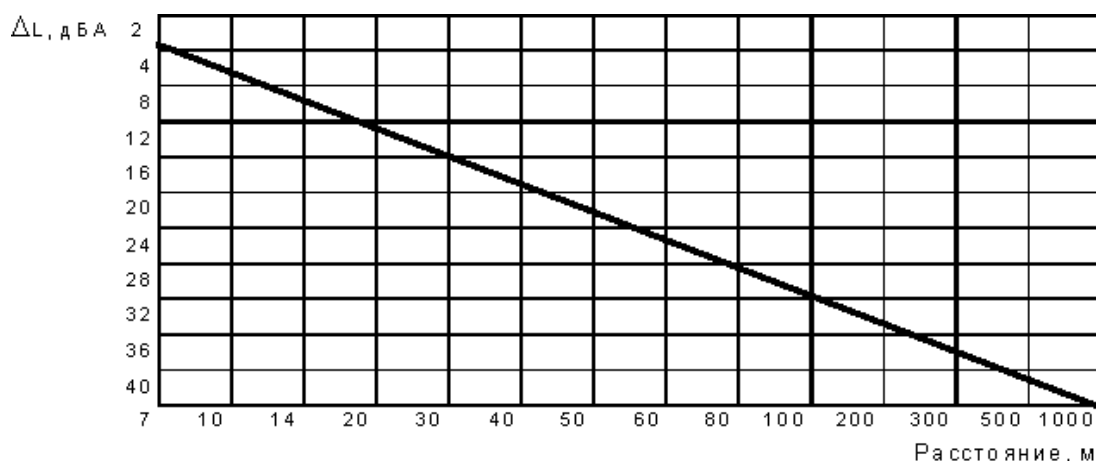


Рисунок 5.3 – Снижение уровня звукового давления в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой.

Таблица 5.2 - Снижение уровня звука полосами зеленых насаждений

Полоса зелёных насаждений	Ширина полосы, м	Снижение уровня звука, $\Delta L_A$ , дБА
Однорядная	12	5
Однорядная	18	8
Двухрядная	23	10

Двух-трехрядная	28	12
-----------------	----	----

### Контрольные вопросы

1. Как интенсивность звука связана со звуковым давлением?
2. Какому звуковому давлению соответствует порог слышимости и порог болевого ощущения?
3. Как определяется уровень интенсивности звука (уровень звукового давления)?
4. Перечислите методы защиты от шума.
5. Какие индивидуальные средства защиты от шума вы знаете?
6. Как давление пара в магистрали влияет на уровень аэродинамического шума?

## Практическое занятие №6. Расчет потребной эффективности очистки сточных вод

**Цель:** приобретение знаний и умений по практическому освоению расчетных методов снижения вредных выбросов в гидросферу.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является расчет необходимой эффективности очистки сточных вод и концентраций сбрасываемых веществ в водоеме.

Выделяют два основных пути очистки сточных вод: разбавление сточных вод и очистка их от загрязнений.

*Разбавление* представляет собой паллиативную меру, которая не ликвидирует воздействие сточных вод, а лишь ослабляет его на локальном участке водоема. Основной путь – *очистка* сточных вод от загрязнений. Методы очистки промышленных стоков подразделяют на механические, физико-химические, химические, биологические и термические.

Механические методы включают *отстаивание в гравитационном или центробежном поле, фильтрацию, флотацию, осветление во взвешенном слое осадка.*

Физико-химические и химические методы очистки включают *нейтрализацию минеральных кислот или щелочей, очистку окислителями, например, хлорирование и озонирование, мембранные методы* разделения (микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос и электродиализ).

Биологические методы основаны на очистке сточных вод *микроорганизмами* в аэробных (насыщение кислородом воздуха) условиях.

*Термическое сжигание* применяют для уничтожения *высококонцентрированных сточных вод*, содержащих минеральные и органические элементы. По своей сути эти методы могут быть рекуперационными и деструктивными.

Первые предусматривают извлечение из сточных вод всех ценных веществ и последующую их переработку, а вторые – разрушение загрязняющих веществ путем их окисления или восстановления, в результате чего образуются газы или осадки.

Общая схема очистки сточных вод показана на рисунке 6.1.

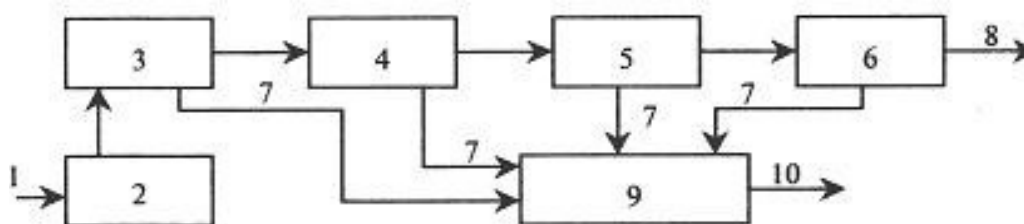


Рисунок 6.1 – Общая схема очистки сточных вод: 1 – необработанные сточные воды; 2 – устройство для регулирования состава и расхода сточных вод;

3 – сооружения механической очистки; 4 – сооружения других методов очистки; 5 – сооружения глубокой очистки; 6 – сооружения по обеззараживанию сточных вод; 7 – осадок или избыточная биомасса; 8 – очищенные сточные воды; 9 – сооружения по обработке осадка; 10 – обработанный осадок

Концентрацию взвешенных веществ в очищенной сточной воде ( $C_{оч}$ , мг/л), разрешенной к сбросу в водный объект, определяют по формуле:

$$C_{оч} = P \left( \frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) + C_{\phi},$$

где  $P$  – разрешенное санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в воде водного объекта в расчетном створе, мг/л;  $\gamma$  – коэффициент разбавления;  $Q$  – расход водотока, м<sup>3</sup>/с;  $q$  – расход очищенных сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $C_{\phi}$  – концентрация взвешенных веществ в воде до места сброса, мг/л.

В соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод» допустимое увеличение содержания взвешенных веществ в водном объекте после сброса сточных вод  $P = 0,25$  мг/л.

Потребная эффективность очистки сточных вод от взвешенных веществ будет равна:

$$\mathcal{E}_{взв} = \frac{C_{ст} - C_{оч}}{C_{ст}} \cdot 100\%,$$

где  $C_{ст}$  – концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на очистные сооружения, мг/л.

Расчетную концентрацию загрязнений ( $L^{cm}_{полн}$ ) по полному биохимическому потреблению кислорода ( $BPK_{полн}$ ) в очищенных сточных водах из условия сохранения в расчетном створе допустимой концентрации кислорода определяют по формуле:

$$L^{cm}_{полн} = \frac{\gamma Q (O^B - O)}{0,4 q} - \frac{L^B_{полн} Q}{0,4},$$

где  $O^B$  – содержание растворенного кислорода в водотоке до места выпуска сточных вод, г/м<sup>3</sup>;  $L^B_{полн}$  – полное биохимическое потребление кислорода водой водотока, г/м<sup>3</sup>;  $O$  – минимальное содержание растворенного кислорода водного объекта, г/м<sup>3</sup>.

Необходимая степень очистки сточных вод от загрязнений по содержанию растворенного кислорода будет равна:

$$\varepsilon_{BPK_{полн}}^{cm} = \frac{BPK^{cm}_{полн} - L^{cm}_{полн}}{BPK^{cm}_{полн}} 100 \%,$$

где  $BPK^{cm}_{полн}$  – полное биохимическое потребление кислорода сточной водой, поступающей на очистную станцию, г/м<sup>3</sup>.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам.

1. В водоток с расходом  $Q$  после очистных сооружений сбрасываются очищенные сточные воды с расходом  $q$ . Концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на очистные сооружения, составляет  $C_{ст}$ . Концентрация взвешенных веществ в воде водного объекта до места сброса составляет  $C_{ф}$ . Коэффициент разбавления –  $\gamma$ .

2. Определите концентрацию взвешенных веществ в сточной воде, разрешенной к сбросу в водоток после очистных сооружений, а также необходимую эффективность очистки сточной воды от взвешенных веществ по исходным данным, указанным в таблице 6.1.

3. Определите необходимую степень очистки сточных вод, которые сбрасываются в водоток, от загрязнений по содержанию растворимого кислорода. Содержание растворенного кислорода в воде водотока до места сброса сточных вод  $O^B = 6,5$  мг/л.

Полное биохимическое потребление кислорода в водотоке до места сброса  $L^B_{полн}$

=2,0 мг/л.

Минимальное содержание растворенного кислорода водного объекта составляет  $O = 4 \text{ г/м}^3$ . Полное биохимическое потребление кислорода сточной водой, поступающей на очистную станцию *сБПК* = 300 г/м<sup>3</sup>.

Таблица 6.1 – Исходные данные к заданию

№ варианта	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$q, \text{ м}^3/\text{с}$	$C_{ст}, \text{ мг/л}$	$C_{ф}, \text{ мг/л}$	$\gamma$
1	15	0,5	130	3	0,67
2	15	0,6	230	3	0,68
3	15	0,7	230	4	0,69
4	15	0,8	150	4	0,70
5	15	0,9	250	2	0,71
6	30	1,0	250	6	0,67
7	30	1,1	180	6	0,68
8	30	1,2	180	5	0,69
9	30	1,3	180	5	0,70
10	30	1,4	190	7	0,71
11	40	0,5	190	5	0,67
12	40	0,6	190	4	0,68
13	40	0,7	200	4	0,69
14	40	0,8	200	3	0,70
15	40	0,9	200	3	0,71
16	45	1,0	210	2	0,67
17	45	1,1	220	2	0,68
18	45	1,2	230	3	0,69
19	45	1,3	140	3	0,70
20	45	1,4	140	4	0,71

### Контрольные вопросы

1. Как подразделяются методы очистки сточных вод?
2. На чем основаны биологические методы очистки сточных вод?
3. Когда применяется термическое сжигание сточных вод?
4. От чего зависит концентрация взвешенных веществ в очищенных сточных водах?
5. Как определяется требуемая эффективность очистки сточных вод от взвешенных веществ?

## Практическое занятие №7. Расчет горизонтальной нефтеловушки для очистки сточных вод

**Цель:** приобретение знаний и умений по практическому освоению расчетных методов снижения вредных выбросов в гидросферу.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является практический расчет размеров нефтеловушки для очистки сточных вод.

Механическая очистка применяется для выделения из сточных вод нерастворенных минеральных и органических примесей. Поэтому для удаления взвешенных частиц из сточных вод используют гидромеханические процессы (периодические и непрерывные) *процеживания* и *отстаивания* (гравитационное и центробежное), а также *фильтрацию*.

Выбор метода зависит от размера частиц примесей, физико-химических свойств и концентрации взвешенных частиц, расхода сточных вод и необходимой степени очистки.

*Процеживание* - первичная стадия обработки сточных вод для извлечения из них крупных нерастворимых примесей, а также более мелких волокнистых фракций, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования. Для этого сточные воды пропускают через *решетки* (сита) и *волокнуловители*, которые устанавливают перед отстойниками.

При эксплуатации решетки должны периодически или непрерывно очищаться. Во избежание затруднений с очисткой решеток такие устройства созданы в форме цилиндрического барабана. Средний размер измельченных ими примесей не превышает 10 мм.

Для удаления более мелких взвесей, а также ценных продуктов применяют сита, которые могут быть двух типов: *барабанные* и *дисковые*.

Сито барабанного типа представляет собой сетчатый барабан с отверстиями 5...10 мм. При вращении барабана сточная вода фильтруется через его внешнюю или внутреннюю поверхность в зависимости от подвода воды – снаружи или внутри. Задерживаемые примеси смываются с сетки водой и отводятся в желоб.

Принцип действия волокнуловителей, применяемых для задерживания волокнистых веществ, основан на процеживании сточной воды через конусообразные диски с перфорацией или специальные фильтры.

*Отстаивание* - удаление из сточных вод взвешенных веществ, которые под действием гравитационных сил оседают на дно отстойника, а под воздействием выталкивающих сил всплывают на его поверхность. Очистку сточных вод отстаиванием осуществляют в *песколовках*, *отстойниках*, *осветлителях* и *нефтеуловителях* (нефтеловушках).



*Песколовки*, применяемые для выделения из сточных вод тяжелых минеральных примесей (в основном песка), устанавливаются перед отстойниками, что упрощает эксплуатацию последних, а также сооружений по обработке осадка.

Время пребывания сточных вод в песколовке – 0,5...2 мин.

Песколовки, представляющие собой горизонтальные (прямоугольные или круглые в плане) резервуары из сборного или монолитного железобетона, рассчитываются так, чтобы в них отделялись только минеральные примеси.

Выпавший осадок собирается в приямок и удаляется либо в песковые бункеры, либо на песковые площадки. При надежном обеззараживании обезвоженный песок можно использовать при дорожных работах и изготовлении строительных материалов.

Отстойники делятся на вертикальные и горизонтальные (разновидностью последних являются радиальные).

Для очистки сточных вод, содержащих нефть, применяют *нефтеловушки*. Эти сооружения представляют собой прямоугольные резервуары, аналогичные горизонтальным отстойникам, в которых нефть и вода разделяются из-за разности их плотностей. Применяются также сооружения цилиндрического типа с круговым движением воды. Всплывшая на поверхность нефть собирается и удаляется на утилизацию, а сточная вода направляется для дальнейших ступеней очистки.

Скорость всплывания частиц в нефтеловушке ( $w_{вс}$ , м/с) будет равна:

$$w_{вс} = \frac{1}{18} \frac{g(\rho_в - \rho_н)}{\rho_в \nu_в} d_ч^2 \xi_н \xi_{нд}$$

где  $\rho_в, \rho_н$  – плотность воды и нефти при температуре очистки воды, кг/м<sup>3</sup>;  $\nu_в$  – кинематическая вязкость воды, м<sup>2</sup>/с;  $d_ч$  – наименьший диаметр улавливаемых капель (частиц), м;  $\xi_н$  – поправка на вязкость жидкости, образующей дисперсную фазу (нефти);  $\xi_{нд}$  – поправка на полидисперсность частиц (0,125...0,150).

Поправка на вязкость нефти может быть определена по формуле:

$$\xi_н = \frac{3(\rho_в \nu_в + \rho_н \nu_н)}{3\rho_в \nu_в + 2\rho_н \nu_н}$$

где  $\nu_n$  – кинематическая вязкость нефти при температуре очистки сточной воды,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Количество выделяемой нефти ( $V$ ,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ) будет равно:

$$V_H = \frac{10^{-3} C V_в}{\rho_H},$$

где  $C$  – разность концентраций нефти в очищаемой и очищенной воде,  $\text{мг/л}$ ;  $V_в$  – расход очищаемой воды,  $\text{м}^3/\text{сут}$ .

Площадь отстаивания ( $F$ ,  $\text{м}^2$ ) можно определить по формуле:

$$F = \frac{V_в - V_H}{86,4 \cdot 10^3 \nu_{вс}}$$

Число секций нефтеловушки ( $n$ ) будет равно:

$$n = \frac{F}{B L},$$

где  $B$  – ширина секции,  $\text{м}$ ;  $L$  – длина секции,  $\text{м}$ .

Полученное значение округляют до целого числа, как правило, в большую сторону.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. По данным таблицы 7.1 определите размеры и количество секций горизонтальной нефтеловушки глубиной проточной части  $h_n = 1,5 \text{ м}$  и производительностью по очищаемой сточной воде  $V$ . Концентрация нефти в воде –  $C$ , наименьший диаметр улавливаемых частиц –  $d_u$ . Для расчета принять плотность и кинематическую вязкость воды соответственно  $998,2 \text{ кг/м}^3$  и  $1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , а плотность и вязкость нефти –  $851,6 \text{ кг/м}^3$  и  $6,65 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . Ширину секции принять равной  $3 \dots 4 \text{ м}$ , длину –  $5 \dots 6 \text{ м}$ .

Таблица 7.1 – Данные к расчету нефтеловушки

№ варианта	$V_в, \text{м}^3/\text{сут}$	$C, \text{мг/л}$	$d_u, \text{м}$
1	50000	2000	$2,2 \cdot 10^{-4}$
2	48000	2200	$2,1 \cdot 10^{-4}$
3	46000	2400	$2,0 \cdot 10^{-4}$
4	44000	2600	$2,2 \cdot 10^{-4}$
5	42000	2800	$2,1 \cdot 10^{-4}$
6	40000	3000	$2,0 \cdot 10^{-4}$
7	38000	2000	$2,4 \cdot 10^{-4}$
8	36000	2200	$2,5 \cdot 10^{-4}$
9	34000	2400	$2,3 \cdot 10^{-4}$
10	32000	2600	$2,5 \cdot 10^{-4}$
11	30000	2800	$2,2 \cdot 10^{-4}$

12	31000	3000	$2,4 \cdot 10^{-4}$
13	33000	2000	$2,5 \cdot 10^{-4}$
14	35000	2200	$2,2 \cdot 10^{-4}$
15	37000	2400	$2,0 \cdot 10^{-4}$
16	39000	2600	$2,1 \cdot 10^{-4}$
17	41000	2800	$2,6 \cdot 10^{-4}$
18	43000	3000	$2,2 \cdot 10^{-4}$
19	45000	2300	$2,3 \cdot 10^{-4}$
20	47000	2100	$2,0 \cdot 10^{-4}$

### Контрольные вопросы

1. Что собой представляет очистка сточных вод процеживанием и как конструктивно устроены решетки и сита?
2. Какие аппараты используются для отстаивания сточных вод?
3. Что собой представляют песколовки и нефтеловушки?
4. Как утилизируют выделенные из сточных вод загрязнения?
5. От каких параметров зависит площадь отстаивания в нефтеловушке?

## Практическое занятие №8. Расчет отстойника непрерывного действия с гребковой мешалкой для очистки сточных вод

**Цель:** приобретение знаний и умений по практическому освоению расчетных методов снижения вредных выбросов в гидросферу.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Целью заданий* является практический расчет размеров отстойника для очистки сточных вод.

*Отстойник непрерывного действия с гребковой мешалкой* представляет собой невысокий цилиндрический резервуар с плоским слегка коническим днищем и внутренним кольцевым желобом вдоль верхнего края аппарата. В резервуаре установлена мешалка с наклонными лопастями, на которых имеются гребки для непрерывного перемещения осаждающегося материала к разгрузочному отверстию в центре днища.

Одновременно гребки слегка взбалтывают осадок, способствуя этим более эффективному его обезвоживанию. Мешалка делает от 0,015 до 0,5 об/мин,

т.е. вращается настолько медленно, что не нарушает процесса осаждения.

Исходная жидкая смесь непрерывно подается через трубу в середину резервуара. Осветленная жидкость переливается в кольцевой желоб и удаляется через штуцер. Осадок (шлам) удаляется из резервуара при помощи насоса. Вал мешалки вращается от электродвигателя через коническую зубчатую передачу. Теоретическая скорость осаждения в отстойнике определяется по формуле (м/с):

$$v_{oc} = \frac{d^2 (\rho_1 - \rho_2) g}{18 \mu}$$

где  $d$  – диаметр дисперсных частиц, м;  $\rho_1, \rho_2$  – плотности дисперсных частиц и жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;  $\mu$  – динамический коэффициент вязкости жидкости, Па·с.

Действительная скорость осаждения будет равна:

$$v_{oc}' = 0,5 v_{oc}$$

Площадь отстойника непрерывного действия составит:

$$F_{oc} = \frac{G_n (1 - \frac{c_n}{c_k})}{3600 \rho_2 v_o' c}$$

где  $G_n$  – расход исходной жидкости, кг/ч;  $c_n$ ,  $c_k$  – содержание дисперсных частиц в исходной жидкости и шламе.

Диаметр отстойника будет равен (м):

$$D = \sqrt{\frac{4 F_{oc}}{\pi}}$$

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам. По данным, приведенным в таблице 8.1, определите основной диаметр ( $D$ , м) отстойника непрерывного действия. Производительность отстойника –  $G_n$ . Исходное содержание частиц в суспензии –  $c_n$ , влажность шлама – 70 %, диаметр наименьшей частицы –  $d = 30$  мкм, коэффициент динамической вязкости суспензии –  $\mu = 1,1 \cdot 10^{-3}$  Па·с, плотность частиц –  $\rho_1$ , плотность жидкости –  $\rho_2$ .

Таблица 8.1 – Данные к расчету отстойника

№ варианта	$G_n$ т/ч	$c_n$ %	$\rho_1$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_2$ , кг/м <sup>3</sup>
1	80	8	2100	1000
2	82	8	2200	1000
3	84	6	2300	1010
4	86	6	2400	1010
5	88	7	2500	1020
6	90	7	2600	1020
7	92	8	2100	1000
8	94	8	2200	1000
9	96	6	2300	1010
10	98	6	2400	1010
11	78	7	2500	1020
12	74	7	2600	1020
13	72	8	2100	1000
14	70	8	2200	1000
15	68	6	2300	1010
16	66	6	2400	1010
17	64	7	2500	1020
18	62	7	2600	1020
19	60	6	2450	1015
20	58	6	2550	1015

## Контрольные вопросы

1. Какие ступени очистки сточных вод применяют на практике?
2. Какие аппараты используются для очистки сточных вод?
3. Какие разновидности отстойников для очистки сточных вод применяют на практике?
4. Дайте описание конструкции отстойника непрерывного действия с гребковой мешалкой.
5. От каких параметров зависит диаметр отстойника?

## **Практическое занятие №9. Расчеты предохранительных устройств оборудования и избыточного давления взрыва**

**Цель:** приобретение знаний и умений по практическому освоению расчетных методов подбора предохранительных устройств для технологического оборудования и методов оценки избыточного давления взрыва при авариях оборудования.

Организационная форма занятия – традиционная.

*Тема 1. Целью заданий* является практический подбор предохранительных клапанов и мембран, защищающих оборудование от возрастания давления сверх регламентного.

Предохранительные устройства (ПУ) – вид арматуры, используемой для автоматического выпуска рабочей среды из аппарата при чрезмерном повышении давления в нем.

*По кратности использования* ПУ подразделяют на две основные группы:

- 1) многократно используемые устройства – предохранительные клапаны (ПК) с самодействующим замыкающим элементом;
- 2) устройства однократного действия – предохранительные мембраны (ПМ) – специально ослабленные элементы с точно рассчитанным порогом разрушения по давлению.

*Клапаны пружинные предохранительные* предназначены для работы на аппаратах, сосудах и в резервуарах, содержащих среду под давлением, и служат для быстрого сброса (выпуска) ее в случае превышения установленного давления. Наиболее часто используют две основные разновидности клапанов: типа СППК4Р и СППКМР с рычажным механизмом для контрольной продувки; типа СППК4 и СППКМ без рычажного механизма для контрольной продувки.

Предохранительные пружинные клапаны типа СППК4Р (рисунок 9.1) предназначены для установки на сосудах, аппаратах и трубопроводах, работающих в различных средах. Клапан представляет собой механизм автоматического действия. Давлению среды на золотник клапана (затвор) противодействует сила давления пружины, прижимающая его к седлу через опору и шток.

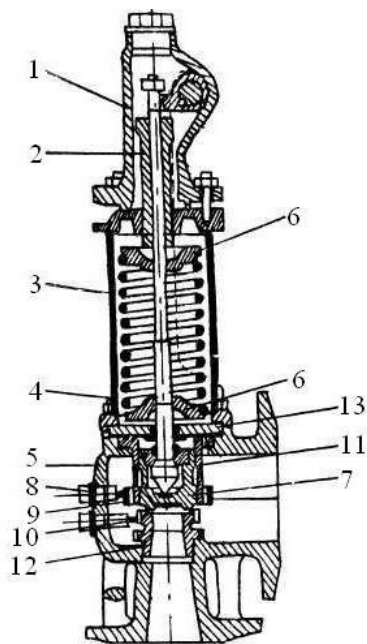


Рисунок 9.1 – Клапан предохранительный пружинный типа СППК4Р (до 450 °С): 1 – колпак; 2 – регулировочный винт; 3 – крышка; 4 – шпилька; 5 – корпус; 6 – опорные шайбы; 7 – золотник; 8 – стопорные винты; 9 – регулировочная втулка верхняя; 10 – регулировочная втулка нижняя; 11 – направляющая втулка; 12 – сопло; 13 – перегородка

При возрастании давления в сосуде выше допустимого сила давления среды преодолевает усилие пружины, золотник поднимается, и происходит сброс среды.

Клапаны являются полноподъемными, так как золотники поднимаются на высоту, равную или больше четверти диаметра седла. Высокий подъем золотника достигается использованием кинетической энергии потока, выходящего с большой скоростью из сопла.

Клапаны снабжены верхней и нижней регулировочными втулками, которые, обеспечивая подъем золотника и, следовательно, производительность клапана, регулируют давление полного открытия и обратной посадки золотника на седло.

Регулировочные втулки фиксируются в определенном положении стопорными винтами.

Клапаны СППК4Р и СППК4 изготавливаются в двух исполнениях: исполнение 1 – с корпусом из углеродистой стали для работы при температуре до 450

°С; исполнение 2 – с корпусом из коррозионностойкой стали для работы при температуре до 600 °С.

*Пропускная способность клапанов.* Количество рабочих клапанов, их пропускная способность должны быть выбраны так, чтобы в сосуде или аппарате при полном открытии клапана не могло образоваться давление, превышающее расчетное более чем на 0,05 МПа включительно или на 10% для сосудов и аппаратов с давлением более 0,3 МПа.

Расчетное давление сосудов и аппаратов, оборудованных предохранительными клапанами (без учета гидростатического давления), должно превышать рабочее давление следующим образом:

- для сосудов и аппаратов, содержащих нейтральные продукты, на 10%, но



не менее чем на 0,1 МПа;

- для сосудов и аппаратов со взрывоопасными, взрывопожароопасными и высокотоксичными продуктами с рабочим давлением до 4 МПа на 20%, но не менее, чем на 0,3 МПа;

- для сосудов и аппаратов со взрывоопасными, взрывопожароопасными и высокотоксичными продуктами с рабочим давлением свыше 4 МПа на 15%.

Регулировка предохранительных клапанов перед установкой должна определяться на давление начала открытия. Давление начала открытия рабочих предохранительных клапанов следует принимать равным расчетному давлению сосудов и аппаратов.

Давление начала открытия контрольных клапанов, устанавливаемых на сосудах и аппаратах с расчетным давлением до 6 МПа, следует принимать на 10%, но не менее чем на 0,15 МПа ниже их расчетного давления, а для сосудов и аппаратов с расчетным давлением 6 МПа на 11% ниже их расчетного давления.

При наличии противодействия системы сброса от контрольного клапана давление начала открытия увеличивается на величину этого противодействия. Правилами Ростехнадзора по устройству и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, установлена единая формула для расчета пропускной способности предохранительных клапанов. Для газов она имеет вид, кг/ч:

$$G = 3,16 \alpha F V \sqrt{(P_1 + 0,1) \cdot \rho_t},$$

где  $\alpha$  – коэффициент расхода среды через клапан;  $F$  – площадь сечения клапана, равная наименьшей площади сечения в проточной части, мм<sup>2</sup>;  $P_1$  – максимальное избыточное давление перед предохранительным клапаном, МПа;  $\rho_t$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $t$  – температура среды перед клапаном, °С;  $V$  – коэффициент, определяемый по справочным таблицам.

Формула (9.1) дает возможность с достаточной для практики точностью рассчитывать пропускную способность предохранительных клапанов или определять размеры клапанов для конкретных условий работы оборудования.

Плотность  $\rho_t$  газа или пара принимается при рабочих температуре и давлении.

Диаметры сопла  $d_c$  и площади  $F$  проходных сечений, соответствующие определенному условному диаметру  $D_y$  пружинных предохранительных клапанов, изготавливаемых для химической промышленности, регламентированы ГОСТ 31294-2005\*.

*Предохранительные мембраны.* В зависимости от характера разрушения мембраны подразделяют на следующие типы:

1) *разрывные*; мембраны изготовляют из тонколистового проката (сталь, цветные металлы) и устанавливают во фланцевых соединениях при помощи специальных зажимных колец;

2) *хлопающие*; мембраны имеют форму сферического купола, выпуклая сторона которого обращена к зоне повышенного давления. При срабатывании купол выворачивается в обратную сторону, ударяется о крестообразный нож и разрушается. Используют для низких давлений и изготавливают из пластичного материала;

3) *ломающиеся*; мембраны изготавливают из хрупких материалов (чугуна, графита). Эти ПМ наименее инерционны, поскольку их срабатыванию не предшествует пластическая деформация;

*срезные*; мембраны при срабатывании срезаются по острой кромке прижимного кольца; изготавливаются из мягких материалов. Во избежание деформаций прогиба мембрана имеет утолщение по всей рабочей части. Недостатком является большой разброс давления срабатывания; *отрывные*; мембраны имеют форму колпачков с ослабленным сечением в виде канавки или проточки.

Наиболее широко используют *разрывные мембраны*, изготавливаемые из тонколистового проката. Конструктивное оформление зажима мембраны может быть различным шип – паз, конический или линзовый зажим (рисунок 9.2).

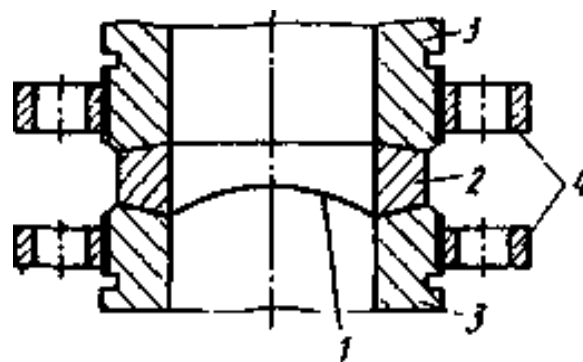


Рисунок 9.2 – Линзовый зажим разрывной мембраны: 1 – мембрана, 2 – коническая шайба, 3 – торцы сбросной магистрали, 4 – соединительные фланцы

При нагружении рабочим давлением мембрана испытывает большие пластические деформации и приобретает ярко выраженный купол, по форме очень близкий к сферическому сегменту. Чаще всего куполообразную форму мембране придают заранее при изготовлении, подвергая ее нагружению давлением, составляющим около 90 % разрывного. При этом фактически исчерпывается почти весь запас пластических деформаций материала, что еще больше увеличивает быстрдействие мембраны.

Разрывное усилие  $P_c$ , МН, такой оболочки (срабатывания мембраны): определяется по формуле:

$$P_c = 2 \cdot \Delta_0 \cdot \sigma_{вр} \cdot r,$$

где  $\Delta_0$  – толщина материала мембраны, м;  $\sigma_{вр}$  – временное сопротивление материала при растяжении (предел прочности), МПа;  $r$  – радиус купола, м.

Минимальный (на пределе разрыва мембраны) радиус купола,  $r$ , м равен:

$$42 \sqrt{1 + 0,01\delta}$$

$$r = \frac{D}{4} \cdot \left[ \sqrt{1 + 0,01\delta} - (-1) \right]^{0,5},$$

где  $D$  – рабочий диаметр мембраны, м;  $\delta$  – относительное удлинение при разрыве, %.

Время полного раскрытия мембраны  $\tau_0$ , с определяется по формуле:

$\tau_0 = 0,75 \cdot a$ , где  $a$  предварительно рассчитывается по формуле:

$$a = \sqrt{\frac{\pi \cdot D \cdot \rho \cdot \Delta_0}{P_c}},$$

где  $\rho$  – плотность материала мембраны, (для стали  $\rho = 7900$ ) кг/м<sup>3</sup>.

Величина предельного избыточного давления в аппарате составит:

$$P_{пр} = 4P_c / (\pi D^2), \text{ МПа.}$$

**Пример 9.1.** Определить время полного раскрытия мембраны из мягкой тонколистовой коррозионностойкой стали марки 08X18H10T толщиной  $\Delta_0=0,12$  мм при рабочем диаметре мембраны  $D=400$  мм. Относительное удлинение при разрыве принять равным  $\delta = 40$  %.

Решение

Радиус купола мембраны составит:

$$r \cdot 10^{-3} = \frac{400}{4} \left[ \sqrt{1+0,4} - \left( \frac{1+0,4}{\sqrt{1+0,4}} - 1 \right) \right]^{0,5} = \frac{254,1 \cdot 10^{-3}}{0} \text{ м.}$$

При значении  $\sigma_{вр} = 540$  МПа для материала мембраны получим величину разрывного усилия равной:

$$P_c = \frac{2 \cdot 0,12 \cdot 10^{-3} \cdot 540 \cdot 254,1 \cdot 10^{-3}}{0,033} = \text{ МН.}$$

Тогда

$$a = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \cdot 7900 \cdot 0,12 \cdot 10^{-3}}{0,033}} = 6,01;$$

$$\tau_0 = 0,75 \cdot 6,01 = 4,5 \text{ с.}$$

Время срабатывания мембраны составляет 4,5 с, что дает основания полагать безопасность и практичность внедрения такой степени взрывозащиты.

При этом величина предельного избыточного давления в аппарате составит:

$$P_{\text{пр}} = 4 \cdot 0,033 / (3,14 \cdot 0,4^2) = 0,26 \text{ МПа.}$$

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Определить расход легких углеводородных газов ( $C_1 \dots C_3$ ) через предохранительный прямооточный клапан с номинальным диаметром DN при температуре среды  $t^\circ\text{C}$  и давлении  $P_1$ , МПа перед клапаном. Исходные данные для расчетов приведены в таблице 9.1. В расчетах следует использовать методику ГОСТ 31294-2005\*.

Таблица 9.1 – Исходные данные к заданию

№ варианта	Номинальный диаметр, DN	Температура перед клапаном, $t^\circ\text{C}$	Давление перед клапаном, $P_1$ , МПа
1	50	10	0,1
2	80	20	0,2
3	100	30	0,3
4	150	40	0,4
5	200	50	0,5
6	15	60	0,8
7	25	70	0,9
8	40	80	1,0
9	80	90	1,2
10	100	100	1,4

2. Сформулируйте условия применения рассмотренного варианта клапана для защиты оборудования.

3. Определить предельное давление в аппарате и время полного раскрытия мембраны из тонколистового материала толщиной  $\Delta_0$ , мм при рабочем диаметре мембраны D, мм. Относительное удлинение при разрыве принять равным  $\delta$ , %. Исходные данные для расчетов приведены в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Исходные данные к заданию

№ варианта	Толщина мембраны, мм	Рабочий диаметр, D, мм	Материал мембраны
1	0,12	50	сталь мягкая

2	0,1	50	никель полутвердый
3	1,0	100	монель-металл полутвердый
4	0,16	100	латунь полутвердая
5	2,0	150	алюминий мягкий
6	1,0	150	алюминий мягкий
7	0,3	200	сталь полунагартованная
8	0,2	250	алюминий твердый
9	0,3	300	сталь полунагартованная
10	0,25	250	медь мягкая

4. Сформулируйте условия применения рассмотренного варианта мембраны для защиты оборудования.

### Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены предохранительный клапан и разрывная мембрана?
2. На каких видах оборудования предусмотрена установка предохранительных устройств?
3. Какие разновидности предохранительных клапанов используются в отрасли?
4. Как подобрать предохранительный клапан с необходимой пропускной способностью?
5. Как определить рабочие параметры мембраны?

*Тема 2. Целью заданий является практический расчет избыточного давления при возможном взрыве сосуда, который содержит взрывоопасные вещества.*

Избыточное давление взрыва определяется по формуле, кПа:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{mz}{V_{св} \rho_{г.п.}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_n},$$

где  $P_{\max}$  – максимальное давление взрыва стехиометрической смеси или вещества в замкнутом объеме (обычно принимается равным 900), кПа;  $P_0$  – начальное давление, кПа;  $m$  – масса ЛВЖ, кг;  $z$  – коэффициент участия горючего во взрыве;  $V_{св}$  – свободный объем помещения, м<sup>3</sup>;  $C_{ст}$  – стехиометрическая концентрация вещества;  $M$  – молярная масса, кг/кмоль;  $\rho_{г.п.}$  – плотность газа или пара вещества при расчетной температуре, кг/м<sup>3</sup>.

Для разрушения армированных деревянных строений  $\Delta P \approx 10...20$  кПа, для кирпичных зданий - 25...30 кПа, для железобетонных конструкций стен цеха - 100...150 кПа. Таким образом, оценив возможную степень разрушения, необходимо позаботиться о безопасности эксплуатации промышленного объекта.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Расчеты выполняются по вариантам.

1. Рассчитать избыточное давление возможного взрыва вещества, хранящегося в сосуде при расчетной температуре  $t_p$ , °С. Свободный объем помещения  $V_{св}$ , м<sup>3</sup>, масса вещества  $m$ , кг. Молярную массу вещества принять по справочным данным согласно химической формуле. Максимальное давление взрыва  $P_{max}$  принять 900 кПа, начальное давление  $P_0$  принять 101 кПа. Коэффициент участия горючего во взрыве  $z = 0,3$ ; коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения,  $K_H = 3$ .

Исходные данные для расчетов приведены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 - Исходные данные к заданию

№ варианта	Вещество	$t_p$ , °С	$V_{св}$ , м <sup>3</sup>	$m$ , кг
1	изопентан	30	12	10
2	пентан	35	10	5
3	диэтиловый эфир	25	8	6
4	ацетон	32	14	8
5	бутанол	45	11	12
6	этанол	50	7	9
7	гексан	60	6	11
8	гептан	61	9	15
9	изопропиловый спирт	62	13	7
10	бутилацетат	55	14	13

### Контрольные вопросы

1. Что может служить причиной взрывов сосудов с ЛВЖ?
2. В чем опасность взрывов сосудов с ЛВЖ?
3. Как определяется избыточное давление от взрывов сосудов с ЛВЖ?
4. Как учитываются данные о возможных взрывах сосудов с ЛВЖ?
5. Как предотвратить возможные взрывы сосудов с ЛВЖ?



## ЛИТЕРАТУРА

1. Свидченко А.И., Чеботарев Е.А., Чеботарева Н.Г. Промышленная экология: Учебное пособие. – Ставрополь: СевКавГТУ, - 2008. -146 с.
2. Чеботарева Н.Г. Промышленная экология. Методические указания к практическим занятиям для студентов специальности 240801 – Машины и аппараты химических производств. – Невинномысск: НТИ СевКавГТУ, 2008. – 51 с.
3. Ковалева Е.А., Рожановский Г.И.. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей и направлений. – Невинномысск: НТИ Сев- КавГТУ, 2009. - 24 с.
4. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. / Скобло А.И. и др. – М.: ООО «Недра – Бизнес - центр», 2000. – 677 с.
5. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - Л.: Химия, 1981. – 552 с.
6. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Наука, 1972. – 720 с.
7. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. Справочник. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
8. Смирнов Г.Г., Толчинский А.Р., Кондратьева Т.Ф. Конструирование безопасных аппаратов для химических и нефтехимических производств. Справочник. - Л.: Машиностроение, 1988. – 303 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

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

## **Методические указания**

по выполнению самостоятельной работы  
по дисциплине «Основы промышленной безопасности»  
для студентов направления подготовки 18.03.01 Химическая технология,  
направленность (профиль) Химическая технология неорганических веществ

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины.....	5
2 План-график выполнения самостоятельной работы.....	6
3 Контрольные точки и виды отчетности по ним.....	7
4 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	7
5 Тематический план дисциплины.....	8
6 Вопросы для собеседования.....	9
7 Методические рекомендации по изучению теоретического материала.....	11
8 Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.....	12
9 Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции.....	12
10 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.....	13

## Введение

Настоящее пособие разработано на основе:

- Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (далее ФГОС ВО);
- нормативно-методических документов Минобрнауки России;
- Устава ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»;
- Приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 N 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» (Зарегистрировано в Минюсте России 13.08.2021 N 64644);
- локальных нормативных актов ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

На современном рынке труда конкурентоспособным может стать только квалифицированный работник соответствующего уровня и профиля, компетентный, свободно владеющей своей профессией и ориентированный в смежных областях деятельности, способный к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов и готовый к постоянному профессиональному росту.

Самостоятельная работа студента направлена на достижение целей подготовки специалистов-профессионалов, активное включение обучаемых в сознательное освоение содержания образования, обеспечение мотивации, творческое овладение основными способами будущей профессиональной деятельности. Чтобы подготовить и обучить такого профессионала, высшим учебным заведениям необходимо скорректировать свой подход к планированию и организации учебно-воспитательной работы. Это в равной степени относится к изменению содержания и характера учебного процесса. В современных реалиях задача преподавателя высшей школы заключается в организации и направлении познавательной деятельности студентов, эффективность которой во многом зависит от их самостоятельной работы. В свою очередь, самостоятельная работа студентов должна представлять собой не просто самоцель, а средство достижения прочных и глубоких знаний, инструмент формирования активности и самостоятельности студентов.

В связи с введением в образовательный процесс новых образовательных стандартов, с уменьшением количества аудиторных занятий по дисциплинам возрастает роль самостоятельной работы студентов. Возникает необходимость оптимизации самостоятельной работы студентов (далее - СРС). Появляется необходимость модернизации технологий обучения, что существенно меняет подходы к учебно-методическому и организационно-техническому обеспечению учебного процесса.

Данная методическая разработка содержит рекомендации по организации, управлению и обеспечению эффективности самостоятельной работы студентов в процессе обучения в целях формирования необходимых компетенций.

Самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом учебного процесса для каждого студента и определяется учебным планом. Виды самостоятельной работы студентов определяются при разработке рабочих программ и учебных методических комплексов дисциплин содержанием учебной дисциплины. При определении содержания самостоятельной работы студентов следует учитывать их уровень самостоятельности и требования к уровню самостоятельности выпускников для того, чтобы за период обучения искомый уровень был достигнут. Так, удельный вес самостоятельной работы при обучении в очной форме составляет до 50% от количества

аудиторных часов, отведённых на изучение дисциплины, в заочной форме - количество часов, отведенных на освоение дисциплины, увеличивается до 90%.

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем.

Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

На основании компетентного подхода к реализации профессиональных образовательных программ, видами заданий для самостоятельной работы являются:

- *для овладения знаниями:* чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и информационно-телекоммуникационной сети Интернет и др.

- *для закрепления и систематизации знаний:* работа с конспектом лекции, обработка текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей), повторная работа над учебным материалом, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др.), завершение аудиторных практических работ и оформление отчётов по ним, подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), материалов-презентаций, подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- *для формирования умений:* решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Самостоятельная работа проводится в виде упражнений при изучении нового материала, упражнений в процессе закрепления и повторения, упражнений проверочных и контрольных работ, а также для самоконтроля.

Для организации самостоятельной работы необходимы следующие условия:

1. готовность студентов к самостоятельному труду;

2. наличие и доступность необходимого учебно-методического и справочного материала;

3. консультационная помощь.

Самостоятельная работа может проходить в лекционном кабинете, компьютерном зале, библиотеке, дома. Самостоятельная работа способствует формированию компетенций, тренирует волю, воспитывает работоспособность, внимание, дисциплину и ответственность.

### 1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины

Дисциплина «Основы промышленной безопасности» относится к дисциплине базовой части. Она направлена на формирование профессиональных компетенций обучающихся в процессе выполнения работ, определенных ФГОС ВО.

Наименование компетенций:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
<b>ПК-2</b> Способен организовать контроль качества продукции на всех стадиях производственного процесса	<b>ИД-1</b> осуществляет анализирует качество сырья и материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий на соответствие требованиям нормативной документации	<b>Пороговый уровень понимает:</b> основные понятия, термины и определения промышленной безопасности <b>Повышенный уровень понимает:</b> нормативные и методические документы в области промышленной безопасности
	<b>ИД-2</b> осуществляет внедрение новых методов и средств технического контроля	<b>Пороговый уровень использует:</b> нормативно-правовые акты и нормативно-технических документы по вопросам промышленной безопасности в промышленности <b>Повышенный уровень использует:</b> нормативные и методические документы в области промышленной безопасности
	<b>ИД-3</b> осуществляет проведение испытаний новых и модернизированных образцов продукции	<b>Пороговый уровень применяет:</b> навыки постановки и организации соблюдения требований промышленной безопасности <b>Повышенный уровень применяет:</b> методы анализа нормативных документов на производственном объекте

В рамках курса дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» самостоятельная работа студентов находит активное применение и включает в себя различные виды деятельности:

– подготовка к практическим занятиям, в том числе работа с методическими указаниями, средствами массовой информации;

- подготовка к лекциям, в том числе самостоятельное углубленное изучение теоретического курса по рекомендованной литературе;
- подготовка к промежуточной аттестации.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к лекциям заключается в получении новых знаний, приобретенных при более глубоком изучении литературы по дисциплине.

Задачи:

- доработка и повторение конспектов лекции;
- осмысление содержания лекции, логической структуры, выводов.

Цель самостоятельной работы студента при подготовке к практическим занятиям заключается в углублении, расширении, детализировании знаний, полученных на лекциях в обобщенной форме.

Задачи:

- развить способность применять полученные знания на практике при решении конкретных задач;
- проверить знания студентов, полученные на лекциях и при самостоятельном изучении литературы.

## 2 План-график выполнения самостоятельной работы

Таблица 1 – Виды самостоятельной работы для очной формы обучения

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателями	Всего
<b>7 семестр</b>					
ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	Подготовка к практическому занятию	Собеседование	22,125	0,12	28,245
ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	64,625	0,02	65,645
ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	Подготовка к экзамену	Вопросы к экзамену	0,65	6,002	6,652
<b>Итого за 7 семестр</b>			<b>94,4</b>	<b>6,26</b>	<b>100,5</b>
<b>Итого</b>			<b>94,4</b>	<b>6,26</b>	<b>100,5</b>



### 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним

В рамках рейтинговой системы успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

### 4 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Уровни сформированности компетенци(ий), индикатора (ов)	Дескрипторы			
	Минимальный уровень не достигнут (Неудовлетворительно) 2 балла	Минимальный уровень (удовлетворительно) 3 балла	Средний уровень (хорошо) 4 балла	Высокий уровень (отлично) 5 баллов
<i>Компетенция: ПК-2</i>				
Результаты обучения по дисциплине (модулю): <i>Индикатор:</i> ИД-1 ПК-2 осуществляет анализирует качество сырья и материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий на соответствие требованиям нормативной документации	не понимает основные понятия, термины и определения промышленной безопасности	не в достаточном объеме понимает основные понятия, термины и определения промышленной безопасности	понимает основные понятия, термины и определения промышленной безопасности	нормативные и методические документы в области промышленной безопасности
ИД-2 ПК-2 осуществляет внедрение новых методов и средств технического контроля	не применяет нормативно-правовые акты и нормативно-технические документы по вопросам промышленной безопасности в промышленности	не в достаточном объеме нормативно-правовые акты и нормативно-технические документы по вопросам промышленной безопасности в промышленности	применяет нормативно-правовые акты и нормативно-технические документы по вопросам промышленной безопасности в промышленности	учитывает и оценивает нормативные и методические документы в области промышленной безопасности
ИД-3 ПК-2 осуществляет проведение испытаний новых и модернизированных образцов продукции	не использует навыки постановки и организации соблюдения требований промышленной безопасности	не в достаточном объеме использует навыки постановки и организации соблюдения требований промышленной безопасности	использует навыки постановки и организации соблюдения требований промышленной безопасности	использует методы анализа нормативных документов на производственном объекте

### 5 Тематический план ДИСЦИПЛИНЫ

№	Раздел (тема) дисциплины и краткое содержание	Формируемые компетенции, индикаторы	заочная форма	
			Контактная работа обучающихся с преподавателем /из них в форме практической подготовки, часов	Самостоятельная работа, часов

			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1	Безопасность труда. Требования Охраны труда	ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	1,5	-	-	12
2	Безопасность труда. Требования электробезопасности безопасности	ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	-	-	-	12
3	Безопасность труда. Общие пожарной безопасности	ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	-	1,5	-	12
	Безопасность труда. Требования безопасного проведения ремонтных, земляных работ и работ на высоте.	ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	-	-	-	12
4	Промышленная безопасность. Общие требования промышленной безопасности	ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	-	1,5	-	16,5
5	Промышленная безопасность. Специальные требования промышленной безопасности для химических производств	ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	1,5	-	-	12
	Промышленная безопасность. Требования по устройству, ремонту и безопасной эксплуатации технологического оборудования химических производств	ИД-1 ПК-2 ИД-2 ПК-2 ИД-3 ПК-2	-	1,5	-	17,25
	ИТОГО за 7 семестр		3	4,5	-	93,75
	ИТОГО		3	4,5	-	93,75

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
7 семестр			
1	<b>Безопасность труда. Требования охраны труда. Требования охраны труда.</b> Законодательство об охране труда и нормативные правовые акты, содержащие государственные нормативные требования охраны труда. Соглашение об охране труда в коллективном договоре. Инструкции по охране труда для работников. Обязанности администрации предприятия по обеспечению безопасных условий и охраны труда. Планирование мероприятий по охране труда. Обязанности работника в области охраны труда. Требования охраны труда к производственным	1,5	

	<p>объектам и помещениям. Требования к организации рабочего места. Организация контроля за состоянием охраны труда в организации. Порядок проведения инструктажей, обучения и проверки знаний работников по безопасности и охране труда. Выполнение предписаний должностных лиц органов государственного надзора и контроля в области охраны труда. Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве. Специальная оценка условий труда. Производственная санитария. Требования, предъявляемые к воздушной среде. Характеристика токсичных веществ и их действие на организм человека. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Средства индивидуальной защиты, их устройство и порядок использования. Профессиональные заболевания и их основные причины. Ответственность должностных лиц и работников за нарушения требований охраны труда.</p>		
2	<p><b>Безопасность труда. Требования электробезопасности безопасности.</b> Основные причины и виды электротравматизма. Специфика поражающего действия электрического тока. Факторы поражающего действия электрического тока. Классификация помещений по степени поражения человека электрическим током. Организационные мероприятия по безопасному выполнению работ в электроустановках. Меры и средства защиты от поражения электрическим током: конструктивное исполнение и размещение электрооборудования, изолирующие защитные средства, предупредительные знаки и плакаты. Правила пользования переносными светильниками и электроинструментом.</p>	-	
3	<p><b>Безопасность труда. Общие пожарной безопасности.</b> Основные нормативные документы, регламентирующие требования пожарной безопасности. Система обеспечения пожарной безопасности. Права, обязанности, ответственность должностных лиц и работников за обеспечение пожарной безопасности. Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и тушению пожаров на объектах предприятия. Пожарная опасность технологических процессов и производств предприятия. Примеры наиболее характерных пожаров, их анализ и причины. Порядок обучения мерам пожарной безопасности на</p>	-	

	<p>рабочих местах и действиям при возникновении пожара. Меры пожарной безопасности при эксплуатации электрических сетей и электрооборудования. Требования пожарной безопасности к помещениям с размещением электроприборов. Хранение и обращение с огнеопасными жидкостями. Планы эвакуации, содержание путей эвакуации. Повышенная опасность продуктов горения. Первичные средства тушения пожаров, их использование при возникновении загорания. Автоматические установки оповещения, пожарной сигнализации и пожаротушения. Назначение, устройство, принцип действия и применение углекислотных, порошковых и аэрозольных огнетушителей. Назначение, типы, технические характеристики и возможности пожарных автомобилей. Использование приспособленных средств и пожарного инвентаря для тушения пожара. Назначение, устройство, оснащение и правила эксплуатации внутренних пожарных кранов. Нормы обеспечения зданий средствами пожаротушения. Действия работников при возникновении пожара, вызов, встреча и сопровождение пожарных команд к месту пожара. Порядок проведения эвакуации из зданий и помещений людей. Действия в случае значительно- го задымления. Действия по предотвращению паники. Оказание первой помощи пострадавшим при пожаре. Порядок оформления наряда-допуска на проведение огневых работ. Требования безопасности при проведении огневых работ. Практические занятия по правильному использованию огнетушителя, пожарного крана.</p>		
4	<p><b>Безопасность труда. Требования безопасного проведения ремонтных, земляных работ и работ на высоте.</b>  Классификация газоопасных мест на производстве и безопасные правила работы в газоопасных местах. Газоопасные места на объектах нефтеперерабатывающих производств. Меры безопасности при работе на газозрывопожароопасных местах. Характерные причины возникновения аварий. Требования к ведению газоопасных работ. Порядок подготовки, выполнения и оформления газоопасных работ, проводимых с оформлением наряда-допуска. Порядок подготовки, выполнения и оформления газоопасных работ, проводимых без наряда- допуска. Вредные и взрывоопасные вещества, которые могут</p>	-	

	<p>выделяться при производстве, ремонте, аварии на нефтеперерабатывающих производствах.</p> <p>Предельно-допустимая концентрация вредных паров и газов. Особенности воздействия вредных паров и газов на организм человека. Средства индивидуальной защиты. Характеристика, использование, проверка и хранение средств индивидуальной защиты. Фильтрующие и изолирующие противогазы, область применения, правила хранения и обращения с ними.</p> <p>Практические занятия на тех. полигоне.</p> <p>Организация подготовки и безопасного проведения ремонтных, земляных работ и работ на высоте. Порядок оформления нарядов-допусков на проведение ремонтных работ и работ на высоте. Порядок оформления разрешения на проведение земляных работ. Практические занятия на тех. полигоне.</p> <p>Первая медицинская помощь при травмах, ранениях, кровотечениях, поражениях электротоком, отравлениях химическими веществами. Способы реанимации при оказании первой медицинской помощи.</p> <p>Непрямой массаж сердца. Искусственная вентиляция легких. Переноска, транспортировка пострадавших с учетом их состояния и характера повреждения. Практические занятия на тренажере.</p>		
5	<p><b>Промышленная безопасность. Общие требования промышленной безопасности</b></p> <p>Законодательство в области промышленной безопасности. Правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов". Критерии отнесения объектов к категории опасных производственных объектов.</p> <p>Требования к организациям, эксплуатирующим опасные производственные объекты, в части регистрации объектов в государственном реестре.</p> <p>Идентификация опасных производственных объектов для их регистрации в государственном реестре. Законодательные и нормативные правовые акты, регламентирующие требования промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта. Требования промышленной безопасности к проектированию, строительству и приемке в эксплуатацию опасных производственных объектов. Обязанности организации, эксплуатирующей опасный</p>	-	

	<p>производственный объект в обеспечении промышленной безопасности. Обязанности работников опасного производственного объекта. Порядок организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности. Положение о производственном контроле. Обязанности работников по осуществлению производственного контроля. Экспертиза промышленной безопасности. Декларирование промышленной безопасности. Анализ опасности и риска.</p>		
6	<p>Промышленная безопасность. Специальные требования промышленной безопасности для химических производств</p> <p>Нормативно-правовые акты и нормативно-технические документы, регламентирующие требования промышленной безопасности в нефтеперерабатывающей промышленности.</p> <p>Порядок технического расследования причин аварий и инцидентов на объектах химической промышленности. Требования к обеспечению взрывобезопасности и химической безопасности технологических процессов. Специфические требования к отдельным типовым технологическим процессам. Аппаратурное оформление технологических процессов. Системы контроля, управления, сигнализации и противоаварийной автоматической защиты технологических процессов. Электрообеспечение и электрооборудование взрывоопасных технологических систем. Аварийная и общеобменная вентиляция. Проверка работы вентиляции технологическим персоналом.</p> <p>Водопровод и канализация. Защита персонала от травмирования. Требования нормативных документов, устанавливающих требования безопасности для химических производств.</p> <p>Требования нормативных документов, устанавливающих требования безопасности для химических производств, на которых используются кислоты и щелочи.</p>	1,5	
7	<p>Промышленная безопасность. Требования по устройству, ремонту и безопасной эксплуатации технологического оборудования химических производств.</p> <p>Требования промышленной безопасности по готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте. Назначение планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий и планов локализации и</p>	-	

ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах (ПЛА). Общий порядок действий при локализации и ликвидации аварий. Практические занятия на тренажерах.		
Итого за 7 семестр	3	
Итого	3	

## 6 Вопросы для собеседования

1. Приведите примеры одиночных источников загрязнения атмосферы.
2. Как влияет на максимальное значение приземной концентрации вредного вещества высота источника выброса?
3. Как влияет на максимальное значение приземной концентрации вредного вещества разность между температурой выбрасываемой газовой смеси и температурой атмосферного воздуха?
4. Как влияет на максимальное значение приземной концентрации вредного вещества диаметр устья источника выброса?
5. Какие классы оборудования используются для очистки газов от пылей (туманов, газообразных примесей)?
6. Какие операции включают, как правило, все процессы извлечения из воздуха взвешенных частиц?
7. Как определяется эффективность процесса очистки воздуха от твердых или жидких примесей?
8. На основе каких данных рассчитывается диаметр циклона?
9. К определению каких данных сводится расчет батарейного циклона?
10. В каких случаях для очистки газов применяют фильтры?
11. В каких случаях для очистки газов применяют электрофильтры?
12. Приведите классификацию фильтров для очистки газов.
13. На основе каких данных проводится выбор фильтра и фильтрующего материала?
14. Как подобрать оптимальный типоразмер фильтровального оборудования?
15. Что понимают под «мокрой» очисткой газов?
16. Запишите формулу для определения диаметра полого форсуночного скруббера.
17. От каких факторов зависит расход орошающей жидкости в скруббере?
18. Как определить диаметр штуцера для подачи жидкого или газового потока в скруббер?
19. Как интенсивность звука связана со звуковым давлением?
20. Какому звуковому давлению соответствует порог слышимости и порог болевого ощущения?
21. Как определяется уровень интенсивности звука (уровень звукового давления)?
22. Перечислите методы защиты от шума. Какие индивидуальные средства защиты от шума вы знаете?
23. Как подразделяются методы очистки сточных вод?
24. На чем основаны биологические методы очистки сточных вод?
25. Когда применяется термическое сжигание сточных вод?
26. От чего зависит концентрация взвешенных веществ в очищенных сточных водах?
27. Что собой представляет очистка сточных вод процеживанием и как конструктивно устроены решетки и сита?
28. Какие аппараты используются для отстаивания сточных вод?
29. Что собой представляют песколовки и нефтеловушки?
30. Как утилизируют выделенные из сточных вод загрязнения?
31. Какие ступени очистки сточных вод применяют на практике?

32. Какие аппараты используются для очистки сточных вод?
33. Какие разновидности отстойников для очистки сточных вод применяют на практике?
34. Дайте описание конструкции отстойника непрерывного действия с гребковой мешалкой.
35. Для чего предназначены предохранительный клапан и разрывная мембрана?
36. На каких видах оборудования предусмотрена установка предохранительных устройств?
37. Какие разновидности предохранительных клапанов используются в отрасли?
38. Как подобрать предохранительный клапан с необходимой пропускной способностью?
39. Что может служить причиной взрывов сосудов с ЛВЖ?
40. В чем опасность взрывов сосудов с ЛВЖ?
41. Как определяется избыточное давление от взрывов сосудов с ЛВЖ?
42. Как учитываются данные о возможных взрывах сосудов с ЛВЖ?

## **7 Методические рекомендации по изучению теоретического материала**

Самостоятельная работа студента в ходе **лекционных занятий** включает изучение вопросов теории, вынесенных на самостоятельное изучение в соответствии с рабочей программой дисциплины, проработку лекционных материалов для подготовки к контролю знаний на лекционных занятиях (опрос) и подготовку вопросов для обсуждения при консультации с преподавателем.

Работа с лекционным материалом не завершается по окончании лекции. На 2 часа лекции необходимо затратить около часа на работу с конспектом. За это время необходимо перечитать записи, пополнить их данными, которые удалось запомнить из речи преподавателя, но не удалось записать. Работая с конспектом, нужно отметить непонятные вопросы для выяснения которые у преподавателя на консультации. Отдельно следует выделить связанные с темой лекции вопросы, которые преподаватель поручил проработать самостоятельно.

Активно проработанный в течение семестра конспект лекций в дальнейшем служит основой для подготовки к экзамену.

Вопросы для самостоятельного изучения представлены в п. 5.

Самостоятельная работа в ходе **практикума** включает выполнение заданий к практическим занятиям, в частности решение задач различного уровня сложности. Задачи приведены в методических указаниях к практическим занятиям и фондах оценочных средств.

Зная тему практического занятия, необходимо готовиться к нему заблаговременно. Для эффективной подготовки к практическому занятию необходимо иметь методическое руководство к практическому занятию.

Критерии оценивания практических занятий представлен в фонде оценочных средств.

При проверке практического задания, оцениваются: последовательность и рациональность изложения материала; полнота и достаточный объем ответа; научность в оперировании основными понятиями; использование и изучение дополнительных литературных источников

Критерии оценивания результатов самостоятельной работы: вопросы для собеседования и экзамена приведены Фонде оценочных средств по дисциплине

## **8 Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа является одним из видов учебной деятельности обучающихся, способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Аудиторная самостоятельная работа по учебной дисциплине осуществляется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.



Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя без его непосредственного участия.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику изучаемой учебной дисциплины, индивидуальные особенности обучающегося.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуется как единство двух форм:

1. самоконтроль и самооценка обучающегося;
2. контроль и оценка со стороны преподавателя.

## **9 Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции**

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к семинарам изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на семинар. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании работ.

## **10 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Практическое занятия – один из самых эффективных видов учебных занятий, на которых студенты учатся творчески работать, аргументировать и отстаивать свою позицию, правильно и доходчиво излагать свои мысли перед аудиторией. Основное в подготовке и проведении практических занятий – это самостоятельная работа студента над изучением темы. Студент обязан точно знать план занятия либо конкретное задание к нему. На занятии обсуждаются узловые вопросы темы, однако там могут быть и такие, которые не были предметом рассмотрения на лекции. Могут быть и специальные задания к той или иной теме.

Готовиться к практическому занятию следует заранее. Необходимо внимательно ознакомиться с планом и другими материалами, уяснить вопросы, выносимые на обсуждение. Затем нужно подобрать литературу и другой необходимый, в т.ч. рекомендованный, материал (через библиотеку, учебно-методический кабинет кафедры и др.). Но прежде всего, следует обратиться к своим конспектам лекций и соответствующему разделу учебника. Изучение всех источников должно идти под углом зрения поиска ответов на выносимые на практико-ориентированные занятия вопросы.

Завершающий этап подготовки к занятиям состоит в выполнении индивидуальных заданий.

В случае пропуска занятия студент обязан подготовить материал и отчитаться по нему перед преподавателем в обусловленное время. Может быть предложено отдельным бакалаврам, ввиду их слабой подготовки, более глубоко освоить материал и прийти на индивидуальное собеседование.

Студент не допускается к зачету, если у него есть задолженность по практическим занятиям.