

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.02.2024 16:54:20

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d4260b9e51fc11eabb75e9450f4a48511da360069

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Юго-Западный государственный университет
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Локтионова О.Г.

02 _____ 2022г.

СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Методические указания к выполнению лабораторных работ и СРС
по дисциплинам «Системы обеспечения производственной и экологиче-
ской безопасности» и «Производственная и экологическая безопасность»
для студентов направления 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Курск 2022

УДК 614.71

Составитель: В.В. Юшин

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент А.Н. Барков

Системы обеспечения производственной и экологической безопасности: методические указания к лабораторным работам и самостоятельной работе студентов / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Юшин. - Курск, 2022. - 89 с.

Методические занятия предназначены для подготовки и выполнению лабораторных работам и СРС по дисциплинам «Системы обеспечения производственной и экологической безопасности» и «Производственная и экологическая безопасность» содержат порядок проведения лабораторных работ. В приложениях представлены задания для самостоятельной работы студентов, темы рефератов и докладов.

Работа предназначена для студентов направления 15.04.06 Мехатроника и робототехника.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд.л. 4,68. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА

Цель работы: ознакомиться с методикой определения класса условий труда при проведении специальной оценки условий труда (СОУТ).

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

СОУТ является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных нормативов условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

Для организации и проведения СОУТ работодателем образуется комиссия по проведению специальной оценки, число членов которой должно быть нечетным, а также утверждается график проведения СОУТ. В состав комиссии включаются представители работодателя, в том числе специалист по охране труда, представители профсоюзной организации или иного представительного органа работников.

Проведение СОУТ включает в себя следующие процедуры.

1. Идентификации потенциально вредных и (или) опасных производственных факторов. Включает в себя следующие этапы:

- выявление и описание имеющихся на рабочем месте факторов производственной среды и трудового процесса, источников вредных и (или) опасных факторов;

- сопоставление и установление совпадения имеющихся на рабочем месте факторов производственной среды и трудового процесса с факторами производственной среды и трудового процесса, предусмотренными классификатором вредных и (или) опасных производственных факторов;

- принятие решения о проведении исследований (испытаний) и измерений вредных и (или) опасных факторов;

- оформление результатов идентификации.

Идентификация осуществляется экспертом организации, проводящей СОУТ. Результаты идентификации утверждаются комиссией по проведению СОУТ.

2. Исследования (испытания) и измерения вредных и (или) опасных производственных факторов (ОиВПФ).

Исследования и измерения фактических значений ОиВПФ осуществляются испытательной лабораторией, экспертами и (или) иными работ-

никами организации, проводящей СОУТ. Организация, проводящая СОУТ, обязана применять утвержденные и аттестованные в порядке, установленном законодательством РФ об обеспечении единства измерений.

3. Отнесение условий труда на рабочем месте по степени вредности и (или) или опасности к классу (подклассу) условий труда по результатам проведения исследований (испытаний) и измерений вредных и (или) опасных производственных факторов.

4. Оформление результатов проведения СОУТ.

ОТНЕСЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА К КЛАССУ УСЛОВИЙ ТРУДА

Отнесение условий труда на рабочем месте по степени вредности и опасности к классу (подклассу) условий труда осуществляется экспертом по результатам проведения исследований и измерений вредных и опасных факторов. Осуществляется с учетом степени отклонения фактических значений вредных и опасных факторов, полученных по результатам проведения их исследований и измерений от нормативов условий труда и продолжительности их воздействия на работника в течение рабочего дня.

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда **при воздействии аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД)** осуществляется в зависимости от соотношения фактической среднесменной концентрации АПФД в воздухе рабочей зоны и ПДК_{сс} АПФД в соответствии с таблицами 1 и 2.

Таблица 1

Отнесение условий труда по классу (подклассу) условий труда при воздействии АПФД

Вид АПФД	Класс (подкласс) условий труда относительно превышения фактической концентрации АПФД в воздухе рабочей зоны над ПДК данных веществ (раз)				
	допустимый	вредный			
		2	3.1	3.2	3.3
Высоко- и умеренно фиброгенные* аэрозоли преимущественно фиброгенного действия; пыль, содержащая природные и искусственные минеральные волокна	\leq ПДК	> 1,0 - 2,0	> 2,0 - 4,0	> 4,0 - 10,0	> 10
Слабофиброгенные** аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	\leq ПДК	> 1,0 - 3,0	> 3,0 - 6,0	> 6,0 - 10	> 10

* К высоко- и умеренно фиброгенным аэрозолям преимущественно фиброгенного действия относятся аэрозоли преимущественно фиброгенного действия с ПДК ≤ 2 мг/м³.

** К слабофиброгенным аэрозолям преимущественно фиброгенного действия относятся аэрозоли преимущественно фиброгенного действия с ПДК > 2 мг/м³.

Таблица 2

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Но- мер веще- ства	Наименование вещества	Вели- чина ПДК*, мг/м ³	Преиму- щественное агрегатное состояние	Класс опасно- сти	Особенно- сти дейст- вия на ор- ганизм
1831.	Пыль растительного и живот. происхождения:				
	а) с примесью диоксида кремния от 2 до 10%	-/4	а	4	А, Ф
	б) зерновая	-/4	а	3	А, Ф
	в) лубяная, хлопчатобумажная хлопковая, льняная, шерстяная, пуховая и другие (с примесью диоксида кремния более 10%)	-/2	а	4	А, Ф
	г) мучная, древесная и другие (с примесью диоксида кремния менее 2%)	-/6	а	4	А, Ф
	д) хлопковая мука /по белку/	-/0,5	а	3	А

* Одно значение гигиенического норматива, приведенное в графе 3, соответствует максимально разовой предельно допустимой концентрации вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК м.р.); если приведено два значения гигиенических норматива, это означает, что в числителе стоит значение максимально разовой предельно допустимой концентрации (ПДК м.р.), а в знаменателе - среднесменной предельно допустимой концентрации (ПДК с.с.).

** В столбце 4 преимущественное агрегатное состояние вещества в воздухе в условиях производства: "н" - пары и (или) газы; "а" - аэрозоль;

***. В столбце 5 таблицы 1 химические вещества по величине гигиенических нормативов разделены на четыре класса опасности: 1 класс - чрезвычайно опасные; 2 класс - высокоопасные; 3 класс - умеренно опасные; 4 класс - малоопасные.

****. В столбце 6 использованы следующие обозначения: "А" - вещества, способные вызывать аллергические заболевания в производственных условиях; "Ф" - аэрозоли преимущественно фиброгенного действия;

При определении среднесменной концентрации учитывается продолжительность операции.

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии **вибраакустических факторов (шум, инфразвук, ультразвук (воздушный), вибрация (общая и локальная))** осуществляется в зависимости от превышения фактических уровней данных факторов их ПДУ, установленных нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда (таблица 3).

Если работник в течении рабочего дня находится в зонах с разным уровня звука, то необходимо рассчитать эквивалентный уровень звука. Метод расчета основан на использовании поправок на время действия каждого уровня звука. Он применим в тех случаях, когда имеются данные об уровнях и продолжительности воздействия шума на рабочем месте, в рабочей зоне или различных помещениях.

Таблица 3

Отнесение условий труда по классу (подклассу) условий труда
при воздействии виброакустических факторов

Наименование показателя, единица измерения	Класс (подкласс) условий труда					
	допусти- мый	вредный				опасный
		2	3.1	3.2	3.3	
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	≤ 80	$> 80 - 85$	$> 85 - 95$	$> 95 - 105$	$> 105 - 115$	> 115
Вибрация локальная, эквива- лентный скорректированный уровень виброускорения, дБ	≤ 126	$> 126 - 129$	$> 129 - 132$	$> 132 - 135$	$> 135 - 138$	> 138
Вибрация общая, эквивалент- ный скорректированный уро- вень виброускорения, дБ, Z	≤ 115	$> 115 - 121$	$> 121 - 127$	$> 127 - 133$	$> 133 - 139$	> 139
Вибрация общая, эквивалент- ный скорректированный уро- вень виброускорения, дБ, X, Y	≤ 112	$> 112 - 118$	$> 118 - 124$	$> 124 - 130$	$> 130 - 136$	> 136
Инфразвук, общий уровень звукового давления, дБ _{Лин}	≤ 110	$> 110 - 115$	$> 115 - 120$	$> 120 - 125$	$> 125 - 130$	> 130

Расчет производится следующим образом. К каждому измеренному уровню звука добавляется (с учетом знака) поправка по таблице 4, соответствующая его времени действия (в часах или % от общего времени действия).

Таблица 4

Время	ч	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	15 мин	5 мин
	%	100	88	75	62	50	38	25	12	6	3	1
Поправка в дБ	0	-0,6	-1,2	-2	-3	-4,2	-6	-9	-12	-15	-20	

Затем полученные уровни звука складываются. Суммирование измеренных уровней $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$ производят попарно последовательно следующим образом. По разности двух уровней L_1 и L_2 по таблице 5 определяют добавку ΔL , которую прибавляют к большему уровню L_1 , в результате чего получают уровень:

$$L_{1,2} = L_1 + \Delta L \quad (1)$$

Уровень $L_{1,2}$ суммируется таким же образом с уровнем L_3 и получают уровень $L_{1,2,3}$ и т.д. Окончательный результат $L_{\text{сум}}$ округляют до целого числа децибел.

Таблица 5

Разность слагаемых уровней $L_1 - L_2$ дБ, ($L_1 \geq L_2$)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10
Добавка ΔL , прибавляемая к большему из уровней L_1 , дБ	3	2,5	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,4

Пример для расчета эквивалентного уровня звука

Уровни шума за 8-часовую рабочую смену составляли 80, 86 и 94 дБА в течение 5, 2 и 1 часа соответственно. Рассчитать эквивалентный уровень звука.

Решение:

Этим временам соответствуют поправки по таблице 4, равные -2, -6, -9 дБ. Складывая их с уровнями шума, получаем 78, 80, 85 дБА. Теперь, используя таблицу 5, складываем эти уровни попарно: сумма первого и второго дает 82 дБА, а их сумма с третьим - 86,8 дБА. Округляя, получаем окончательное значение эквивалентного уровня шума 87 дБА. Таким образом, воздействие этих шумов равносильно действию шума с постоянным уровнем 87 дБА в течение 8 ч.

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда **по тяжести трудового процесса** осуществляется по следующим показателям:

- физическая динамическая нагрузка (физическая динамическая нагрузка - единицы внешней механической работы за рабочий день (смену), кг м):

Показатели тяжести трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда			
	оптимальный	допустимый	вредный	
	1	2	3.1	3.2
При региональной нагрузке перемещаемого работником груза (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса работника) при перемещении груза на расстояние до 1 м:				
для мужчин	до 2 500	до 5 000	до 7 000	более 7 000
для женщин	до 1 500	до 3 000	до 4 000	более 4 000
При общей нагрузке перемещаемого работником груза (с участием мышц рук, корпуса, ног тела работника):				
при перемещении работником груза на расстояние от 1 до 5 м:				
для мужчин	до 12 500	до 25 000	до 35 000	более 35 000
для женщин	до 7 500	до 15 000	до 25 000	более 25 000
при перемещении работником груза на расстояние более 5 м:				
для мужчин	до 24 000	до 46 000	до 70 000	более 70 000
для женщин	до 14 000	до 28 000	до 40 000	более 40 000

- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг:

Показатели тяжести трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда			
	оптимальный	допустимый	вредный	
	1	2	3.1	3.2
Подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2 раз в час):				
для мужчин	до 15	до 30	до 35	более 35
для женщин	до 5	до 10	до 12	более 12

Подъем и перемещение тяжести постоянно в течение рабочего дня (смены) (более 2 раз в час):				
для мужчин	до 5	до 15	до 20	более 20
для женщин	до 3	до 7	до 10	более 10
Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа рабочего дня (смены): с рабочей поверхности:				
для мужчин	до 250	до 870	до 1 500	более 1 500
для женщин	до 100	до 350	до 700	более 700
с пола:				
для мужчин	до 100	до 435	до 600	более 600
для женщин	до 50	до 175	до 350	более 350

- стереотипные рабочие движения:

Показатели тяжести трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда			
	оптимальный	допустимый	вредный	
	1	2	3.1	3.2
Количество стереотипных рабочих движений работника при локальной нагрузке (с участием мышц кистей и пальцев рук):				
	до 20 000	до 40 000	до 60 000	более 60 000
Количество стереотипных рабочих движений работника при региональной нагрузке (при работе с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса):				
	до 10 000	до 20 000	до 30 000	более 30 000

- статическая нагрузка (величина статической нагрузки за рабочий день (смену) при удержании работником груза, приложении усилий, кгс с):

Показатели тяжести трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда			
	оптимальный	допустимый	вредный	
	1	2	3.1	3.2
При удержании груза одной рукой:				
для мужчин	до 18 000	до 36 000	до 70 000	более 70 000
для женщин	до 11 000	до 22 000	до 42 000	более 42 000
При удержании груза двумя руками:				
для мужчин	до 36 000	до 70 000	до 140 000	более 140 000
для женщин	до 22 000	до 42 000	до 84 000	более 84 000
При удержании груза с участием мышц корпуса и ног:				
для мужчин	до 43 000	до 100 000	до 200 000	более 200 000
для женщин	до 26 000	до 60 000	до 120 000	более 120 000

- рабочая поза (рабочее положение тела работника в течение рабочего дня (смены)):

Класс (подкласс) условий труда			
оптимальный	допустимый	вредный	
1	2	3.1	3.2
Свободное удобное положение с возможностью смены рабочего положения (сидя, стоя). Нахождение в по-	Периодическое, до 25% времени смены, нахождение в неудобном и (или) фиксированном положении. Нахождение в поло-	Периодическое, до 50% времени смены, нахождение в неудобном и (или) фиксированном положении; периодическое, до 25%	Периодическое, более 50% времени рабочего дня (смены), нахождение в неудобном и (или) фиксированном положении; периодическое, более 25%

положении "стоя" до 40% времени рабочего дня (смены).	положении "стоя" до 60% времени рабочего дня (смены).	времени рабочего дня (смены), пребывание в вынужденном положении. Нахождение в положении "стоя" до 80% времени рабочего дня (смены). Нахождение в положении "сидя" без перерывов от 60 до 80% времени рабочего дня (смены).	времени рабочего дня (смены), пребывание в вынужденном положении. Нахождение в положении "стоя" более 80% времени рабочего дня (смены). Нахождение в положении "сидя" без перерывов более 80% времени рабочего дня (смены).
---	---	---	---

- наклоны корпуса (наклоны корпуса тела работника более 30°, количество за рабочий день (смену)):

Класс (подкласс) условий труда			
оптимальный	допустимый	вредный	
1	2	3.1	3.2
до 50	51 - 100	101 - 300	свыше 300

- перемещение в пространстве (перемещения работника в пространстве, обусловленные технологическим процессом, в течение рабочей смены, км)»:

Класс (подкласс) условий труда			
оптимальный	допустимый	вредный	
1	2	3.1	3.2
По горизонтали:			
до 4	до 8	до 12	более 12
По вертикали:			
до 1	до 2,5	до 5	более 5

Класс (подкласс) условий труда устанавливается по показателю тяжести трудового процесса, имеющему наиболее высокий класс (подкласс) условий труда. При наличии двух и более показателей тяжести трудового процесса, условия труда по которым отнесены к подклассу 3.1 или 3.2 вредных условий труда, класс (подкласс) условий труда по тяжести трудового процесса повышается на одну степень.

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда с учетом комплексного воздействия вредных и (или) опасных факторов осуществляется на основании анализа отнесения данных факторов к тому или иному классу (подклассу) условий труда. Итоговый класс (подкласс) условий труда на рабочем месте устанавливаются по наиболее высокому классу (подклассу) вредности и (или) опасности одного из имеющихся на рабочем месте вредных и (или) опасных факторов. При этом в случае:

- сочетанного действия 3 и более вредных и (или) опасных факторов, отнесенных к подклассу 3.1 вредных условий труда, итоговый класс (подкласс) условий труда относится к подклассу 3.2 вредных условий труда;

- сочетанного действия 2 и более вредных и (или) опасных факторов, отнесенных к подклассам 3.2, 3.3, 3.4 вредных условий труда, итоговый класс (подкласс) повышается на одну степень.

Результаты оценки заносятся в таблицу 6.

Таблица 6.

Итоговая оценка условий труда на рабочем месте по степени вредности и опасности

Наименование фактора	Класс (подкласс) условий труда
Химический	
Биологический	
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	
Шум	
Вибрация общая	
Вибрация локальная	
Инфразвук	
Ультразвук воздушный	
Неионизирующие излучения	
Ионизирующие излучения	
Параметры микроклимата	
Световая среда	
Тяжесть трудового процесса	
Напряженность трудового процесса	
Общая оценка условий труда	

Задание. Определить класс условий труда станочника деревообрабатывающих станков (мужчина), обслуживающего 2 станка. Время работы на каждом шлифовальном станке – 3 часа (продолжительность рабочей смены 8 часов). Остальное время станочник находится в цехе. По результатам идентификации выявлены наличие четырех вредных фактора - аэрозоли преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны, шум, локальная вибрация, тяжесть трудового процесса. Концентрация древесной пыли в цехе $1,2 \text{ мг/м}^3$, фоновый уровень шума 78дБА. Результат оформить в виде таблицы 6.

Наименование вредного фактора, фактора трудового процесса	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Уровень шума возле ленточного-шлифовального станка №1, дБА	88	89	87	86	90	86	92	91	88	93
Уровень шума возле ленточного-шлифовального станка №2, дБА	86	86	85	85	88	84	88	86	87	88
Вибрация локальная, эквивалентный скорректированный уровень виброускорения, дБ	111	112	116	118	120	113	114	115	117	119
Концентрация древесной пыли в воздухе рабочей зоны возле шлифовального станка №1, мг/м ³	14	15	16	20	24	16	17	14	22	21
Концентрация древесной пыли в воздухе рабочей зоны возле шлифовального станка №2, мг/м ³	13	11	15	18	19	14	14	13	19	18
Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа рабочего дня с рабочей поверхности, кг	1200	1000	900	1400	1100	1300	1100	1000	800	1300
Наклоны корпуса, кол-во	90	100	110	120	130	95	105	100	115	125
Нахождение в положении "стоя", % времени рабочего дня	65	70	50	75	55	62	78	55	74	58

Наименование вредного фактора, фактора трудового процесса	Номер варианта									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Уровень шума возле ленточного-шлифовального станка №1, дБА	90	91	89	88	93	91	88	89	87	91
Уровень шума возле ленточного-шлифовального станка №2, дБА	87	88	87	84	89	85	86	87	85	87
Вибрация локальная, эквивалентный скорректированный уровень виброускорения, дБ	110	113	115	116	119	115	117	116	118	114
Концентрация древесной пыли в воздухе рабочей зоны возле шлифовального станка №1, мг/м ³	13	18	19	22	21	18	19	15	21	20
Концентрация древесной пыли в воздухе рабочей зоны возле шлифовального станка №2, мг/м ³	11	13	16	17	17	15	16	12	15	19
Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа рабочего дня с рабочей поверхности, кг	100	050	50	300	150	350	150	230	00	150
Наклоны корпуса, кол-во	5	05	17	26	10	2	08	04	05	21
Нахождение в положении "стоя", % времени рабочего дня	2	5	5	9	5	2	8	5	1	8

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Понятие специальной оценки условий труда.
2. Комиссия по проведению специальной оценки условий труда.
2. Этапы проведения специальной оценки условий труда.
4. Идентификация опасных и вредных производственных факторов при проведении специальной оценки условий труда.
5. Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии аэрозолей преимущественно фиброгенного действия
6. Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии виброакустических факторов
7. Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда по тяжести трудового процесса
8. Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда с учетом комплексного воздействия вредных и (или) опасных факторов

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

1. Изучите порядок отнесения условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии химических факторов.
2. Отнесите условия труда к классу (подклассу) условий труда при наличии в воздухе рабочей зоны нескольких загрязняющих веществ разнонаправленного действия (по усмотрению преподавателя).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ.
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» от 24.01.2014 № 33н-ФЗ.
3. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [Текст]: Р 2.2.2006-05. – Введ. 2005–11–01. М.: Стандартинформ, 2005. – 161 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫТЯЖНЫХ ЗОНТОВ

Цель работы:

- изучить методы защиты воздушной среды от вредных веществ (применение местной вытяжной вентиляции);
- изучить конструкции средств защиты воздушной среды от вредных веществ (вытяжные зонты);
- научиться выполнять расчет основных технологических параметров систем защиты воздушной среды (производительность вытяжных зонтов).

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Местный отсос (или просто отсос) – это пневмосистема, состоящая из источника выделений вредных веществ и их приемника или уловителя.

Местный отсос является частью вентиляционной системы помещения, определяющим характер и основные особенности движения потока загрязненного воздуха вблизи источника выделений. Геометрические, технологические и санитарно-гигиенические характеристики источников выделений очень разнообразны, поэтому в широкой практике возникло множество различных конструктивных исполнений местных отсосов.

В различных отраслях экономики широко используются: 1 – отсосы открытого и 2 - менее распространены отсосы закрытого типов. Отсосы закрытого типа отличаются тем, что в них источники выделений изолированы (укрыты) от производственной среды или встроены в технологическое оборудование.

К отсосам открытого типа относятся:

- **вытяжные зонты** (соосные отсосы);
- **вытяжные панели** (боковые отсосы);
- **бортовые отсосы** от ванн с растворами;
- **нижние отсосы** от напольных источников;
- **активированные отсосы** (с дополнительным поддувом);
- **компенсационные отсосы** (совокупность боковых отсосов с воздушной завесой).

Выбор конструкции отсоса и методика его расчета в значительной мере зависят от условий движения выделения вредных веществ, определяемых типом источника.

Вытяжные зонты устанавливаются соосно над сосредоточенными источниками выделений на минимальной возможной высоте.

Вытяжной зонт и схема его размещения представлена на рисунке 2.1.

Применять зонты следует при незначительной подвижности воздуха в помещении ($V \leq 0,2-0,4$ м/с), в противном случае поток загрязняющих веществ под зонт может отклоняться и поступать в рабочую зону.

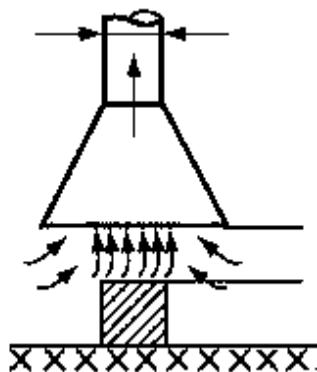


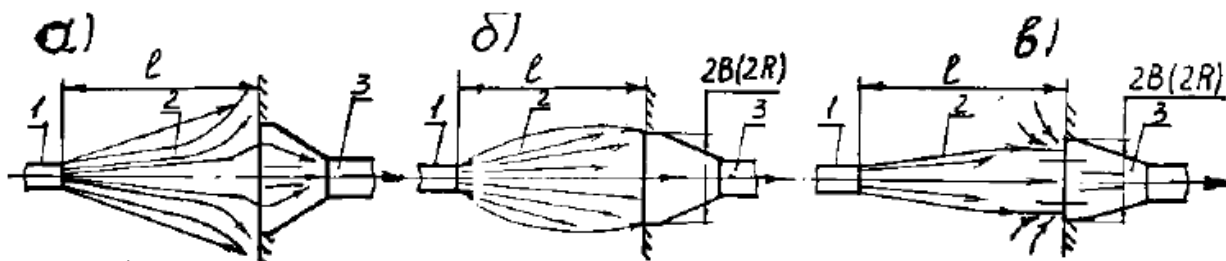
Рисунок 2.1 – Вытяжной зонт

Угол раскрытия зонта не должен превышать 60° , а размеры в плане рекомендуются на 10–20 % больше, чем источник выделений.

Вытяжные зонты обычно изготавливают в трех основных исполнениях:

- вытяжной зонт круглой формы;
- вытяжной зонт прямоугольной формы;
- вытяжной зонт щелевой.

Эффективность улавливания вредных веществ вытяжными зонтами зависит от типа струи, ее скорости и размеров, а также от формы и размеров самих источников и отсосов. Это видно на примере, рисунок 2.2.



а – неполное улавливание; б – полное улавливание; в – избыточное улавливание. 1 – источник выделений; 2 – вредные выделения; 3 – отсос (уловитель)
Рисунок 2.2 – Улавливание загрязненных струй соосными отсосами

По мере удаления от источника струя постепенно расширяется и по своим размерам может перекрывать всасывающее отверстие

отсоса. Однако на некотором расстоянии под воздействием отсоса струя, сужаясь, входит в ее приемное отверстие. В зависимости от производительности отсоса можно наблюдать три характерных режима взаимодействия. При недостаточной производительности периферийная часть струи не попадает в приемное отверстие и рассеивается в помещении – это неполное улавливание (рис. 2.2, а).

Если границы струи замыкаются на краях отверстия отсоса, то происходит полное улавливание (рис. 2.2, б); отсос при этом будет иметь минимальную производительность, обеспечивающую полное улавливание струи – это предельное наиболее эффективное улавливание. Если далее увеличивать объем удаляемого воздуха (т.е. увеличивать производительность отсоса), то границы струи будут смещаться от краев к оси отсоса. Тогда отсос частью своего входного сечения станет втягивать из помещения незагрязненный воздух – это избыточное улавливание (рис. 2.2, в).

Виды производственных процессов, где применяются вытяжные зонты представлены в таблице 2.1.

Излагаемые ниже методики предназначены для расчета производительности отсосов, улавливающих конвективные струи в пределах разгонного участка и для расчета отсосов, улавливающих приточные струи в пределах основного участка. Предлагаемые методики дают возможность рассчитывать отсосы любых форм и размеров, в том числе и меньших по размерам в плане, чем источник.

Таблица 2.1 – Производственные процессы с применением ВЫТЯЖНЫХ ЗОНТОВ

Производственный процесс	Рабочее место или источник выделений	Вредные выделения	Характеристика рекомендуемого отсоса
1. Суперфинишная обработка плунжерных пар пастами на спирте	Стенд доводки плунжерных пар медицинских ингаляторов	Пары спирта	Вытяжной зонт круглой формы, струя, компактная - конвективная
2. Стерилизация масок индивидуального пользования	Стол стерилизации СИЗ	Пары спирта	Зонт щелевой, струя - плоская, конвективная
3. Испытание спиртовых карбюраторов ДВС	Стол - стенд	Пары спирта	Зонт прямоугольный, струя - компактная, конвективная
4. Полировка окуляров оптических приборов	Стол-стенд	Бензол	Зонт прямоугольный, струя - конвективная, компактная
5. Регулировка топливной аппаратуры	Стол-стенд	Бензин	Зонт круглый, струя компактная - приточная

6. Реставрация резинотехнических изделий	Станок для приготовления паранитовой смеси	Толуол Бензин	Зонт прямоугольный, струя компактная - приточная
7. Приготовление формочной смеси для литья	Установка для приготовления смеси	Ксилол Углеводороды нефти	Зонт щелевой струя плоская - конвективная
8. Покраска и сушка мелких деталей	Стол - стеллаж	Толуол	Зонт квадратный, струя компактная, приточная
9. Приготовление стекловаты термическим способом	Розлив в формы расплава	Окись углерода	Зонт щелевой, струя - плоская конвективная
10. Приготовление моющего раствора для автосервиса	Ванна для приготовления моющего раствора	Ацетон	Зонт прямоугольный, струя - компактная, конвективная
11. Приготовление бром-йодистых препаратов	Стол-стенд для приготовления лекарств	Бромбензол	Зонт щелевой, струя - плоская, приточная
12. Промывка деталей двигателя в керосине	Моечная ванна	Углеводороды нефти (керосин)	Зонт щелевой, струя - плоская, приточная
13. Проявление синекопий чертежей в аммиачной среде	Проявочная камера	Аммиак	Зонт круглый, струя приточная. компактная
14. Шорошка абразивного круга заточного станка	Заточной станок	Абразивная пыль	Зонт щелевой, струя - плоская, приточная
15. Чистовая обработка деревоизделий на станках	Точение, полирование изделий из дерева	Древесная пыль	Зонт круглый, струя - компактная, конвективная
16. Приготовление песчаной смеси для литья	Шаровая мельница	Силикатная пыль	Зонт круглый, струя - компактная, конвективная

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫТЯЖНЫХ ЗОНТОВ КРУГЛОЙ ФОРМЫ

Исходными данными для расчета являются:

- размеры источника, r , м;
- размеры зонта, R , м;
- расстояние до зонта, l , м;
- форма струи;
- количество вредных выделений, G , мг/с;
- количество рассредоточенных В.В, G_p , мг/с (не более 10%);
- количество воздуха, удаляемого из помещения общеобменной вентиляцией на один отсос, L_v , м³/с
- конвективная теплопроизводительность источника, Q , Вт;
- скорость истечения загрязненной приточной струи, U_o , м/с;
- скорость движения воздуха в помещении, U_v , м/с.

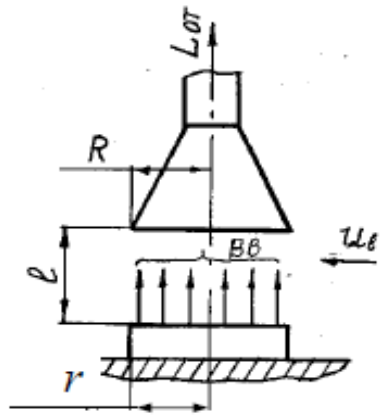


Рисунок 2.3 – Расчетная схема круглого зонты

Вычислить осевую скорость движения воздуха U в струе источника на уровне всасывания зонты.

Для компактной конвективной струи:

$$U_{\text{кк}} = 0,0425 \cdot \left(Q/r \right)^{1/3} \cdot \left(l/r \right)^{1/3}, \text{ м/с} \quad (2.1)$$

Для компактной приточной струи:

$$U_{\text{кп}} = m \cdot U_o \cdot F_u^{0,5} / l, \text{ м/с}, \quad (2.2)$$

где $m=2,5$; F_u – площадь источника, м^2

1. Определить расход воздуха в струе $L_{\text{стр}}$ на уровне всасывания:

- для компактной конвективной струи:

$$L_{\text{стр.к.}} = \frac{(\pi \cdot r^2)}{3} \cdot U_{\text{кк}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.3)$$

- для компактной приточной струи:

$$L_{\text{стр.п.}} = 0,42 \cdot l^2 \cdot U_{\text{кп}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.4)$$

2. Определить значение поправочного коэффициента, учитывающего подвижность воздуха в помещении:

– для конвективных струй:

$$K_{\text{к}} = 1 + \left(3 - 2 \cdot F / F_{\text{стр.к.}} \right) \cdot U_{\text{в}} / U_{\text{кк}}, \quad (2.5)$$

– для приточных струй:

$$K_{\text{п}} = 1 + \left(3 - 2 \cdot F / F_{\text{стр.п.}} \right) \cdot U_{\text{в}} / U_{\text{кп}}, \quad (2.6)$$

где F – площадь всасывающего сечения (отверстия) зонты, м^2 ;

$F_{\text{стр.к.}} = F_u$ – площадь источника выделений, образованная конвективной струей, м^2 ;

$F_{стр.н.} = F_u + 2 \cdot l \cdot r \cdot \operatorname{tg} \alpha$ – площадь источника выделений, образованная приточной струей, м^2 , $\alpha = 13,5^\circ$.

Если по расчету $F/F_{стр.к.}$ и $F/F_{стр.н.}$ окажутся меньше 1,0, то следует принять отношение этих площадей равным 1,0.

3. Вычислить относительный предельный расход отсоса (зонта) $L'_{пр.отс.}$:

- для компактной конвективной струи:

$$L'_{пр.отс.к.} = 3,4 - 2,4 \cdot R_k^2, \quad (2.7)$$

- для компактной приточной струи:

$$L'_{пр.отс.п.} = \left(6 \cdot R_{п.}^2 / (\tan \alpha)^2 \right) \cdot E, \quad (2.8)$$

где $R_k = R/r$, м; $R_{п.} = R/l$, м;

$$E = \left(0,5 \cdot \left(\sqrt{1 + V_{п.}^2} + V_{п.}^2 \cdot \ln \left(1/V_{п.} + \sqrt{1 + 1/V_{п.}^2} \right) \right) + V_{п.}^3/3 - (1 + V_{п.}^2)^{1,5}/3 \right), \quad (2.9)$$

$$V_{п.} = \left(\frac{(\tan \alpha)^2}{R_{п.}^2} + 1 \right) / 2 \cdot \beta, \quad (2.10)$$

$\beta = 0,625$.

4. Определить скорость всасывания V_o , обеспечивающее предельное улавливание струи:

- для компактной конвективной струи:

$$V_{ок} = U_{кк} \cdot V_k, \text{ м/с} \quad (2.11)$$

- для компактной приточной струи:

$$V_{оп} = U_{кп} \cdot V_{п.}, \text{ м/с} \quad (2.12)$$

где $V_k = 1 / (2 \cdot \beta_k) \cdot \left(\frac{(\tan \alpha)^2}{R_k^2} + 1 \right), \quad (2.13)$

$\beta_k = 0,443$.

5. Вычислить предельный расход отсоса (зонта), обеспечивающий полное улавливание струи при минимальной производительности отсоса:

- для компактной конвективной струи:

$$L_{пр.отс.к} = K_k \cdot L_{стр.к.} \cdot L'_{пр.отс.к.}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.14)$$

- для компактной приточной струи:

$$L_{пр.отс.п} = K_{п.} \cdot L_{стр.п.} \cdot L'_{пр.отс.п.}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.15)$$

6. Определить предельную избыточную концентрацию

примеси в воздухе, удаляемого отсосом, соответствующую режиму предельного улавливания:

- для компактной конвективной струи:

$$\Delta C_{\text{пр.к.}} = G/L_{\text{пр.отс.к}}, \text{ мг/м}^3 \quad (2.16)$$

- для компактной приточной струи:

$$\Delta C_{\text{пр.п.}} = G/L_{\text{пр.отс.п}}, \text{ мг/м}^3 \quad (2.17)$$

7. Вычислить относительную предельную избыточную концентрацию примеси в воздухе удаляемом отсосом, соответствующую режиму предельного улавливания:

- для компактной конвективной струи:

$$\Delta C'_{\text{пр.к.}} = (\Delta C_{\text{пр.к.}} - C_{\text{пр.}}) / (\text{ПДК} - C_{\text{пр.}}), \quad (2.18)$$

- для компактной приточной струи:

$$\Delta C'_{\text{пр.п.}} = (\Delta C_{\text{пр.п.}} - C_{\text{пр.}}) / (\text{ПДК} - C_{\text{пр.}}), \quad (2.19)$$

где $C_{\text{пр}}$ – концентрация вредной примеси в приточном воздухе общеобменной вентиляции, мг/м^3 , $C_{\text{пр}} \leq 0,3\text{ПДК}$

ПДК вредных веществ представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Вещество	Аммиак	Бензин	Древесная пыль	Кремнистая пыль	Спирт этиловый
ПДК, мг/м^3	20	100	6,0	4.0	1000

8. Определить значение безразмерного комплекса М:

– для компактной конвективной струи:

$$M_{\text{к}} = \left(G_{\text{п}}/G \right) \cdot \Delta C'_{\text{пр.к.}} - L_{\text{в}}/L_{\text{пр.отс.к}}, \quad (2.20)$$

– для компактной приточной струи:

$$M_{\text{п}} = \left(G_{\text{п}}/G \right) \cdot \Delta C'_{\text{пр.п.}} - L_{\text{в}}/L_{\text{пр.отс.п}}, \quad (2.21)$$

9. По графикам на рисунке 2.4 найти оптимальное значение эффективности улавливания вредных веществ $\eta_{\text{онт}}$ и соответствующее значение K_{η} .

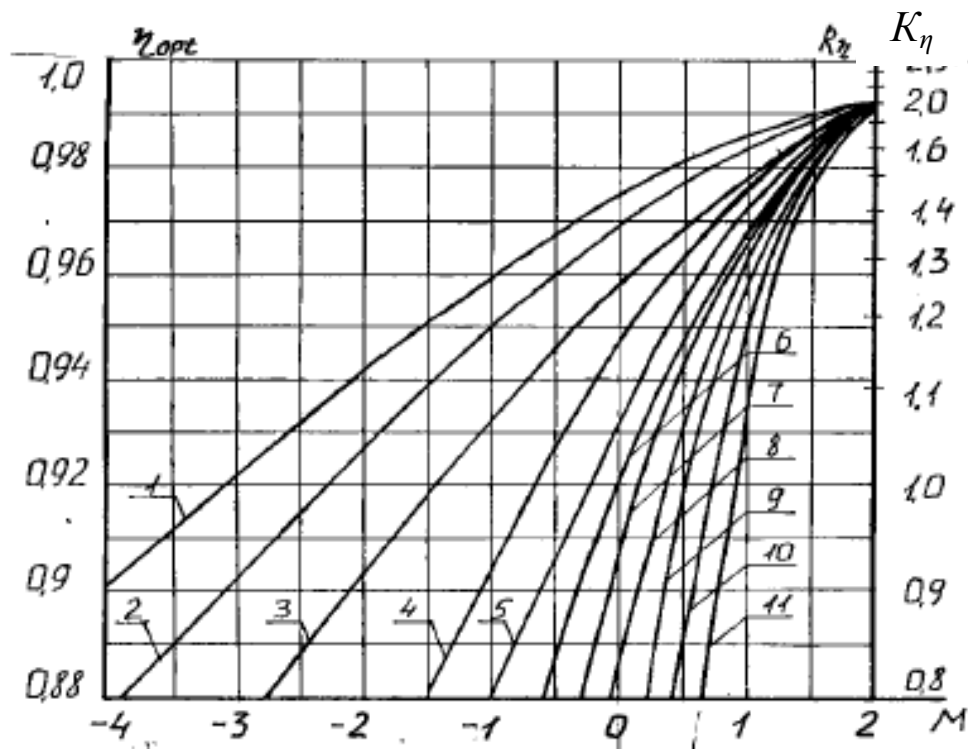


Рисунок 2.4 – График для определения η_{opt} и K_η

N кривой	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\Delta C'$ пред.	50	40	30	20	10	16	12	8	6	4	2

Если источник выделяет только теплоту, то принимают $K_\eta = 1,0$. Если рассчитанное значение K_η окажется меньше единицы (в непосредственной близости от источника образуются зоны с повышенной концентрацией вредных веществ), то необходимо увеличение объема отсасываемого воздуха, поэтому всегда рекомендуется соблюдать условие $K_\eta \geq 1,0$.

Если рассчитанные величины выходят за границы графика рекомендуется принимать крайние значения K_η и η_{opt} , представленные на графике.

11. Определить требуемую производительность отсоса, обеспечивающую оптимальную эффективность улавливания вредных веществ:

- для компактной конвективной струи:

$$L_{отс.к} = K_{\eta к} \cdot L_{пр.отс.к}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.22)$$

- для компактной приточной струи:

$$L_{отс.п} = K_{\eta п} \cdot L_{пр.отс.п}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.23)$$

12. Подсчитать количество уловленных G_y , мг/с выделений

вредных веществ в воздухе, отсасываемых местным отсосом – круглым зонтом:

- для компактной конвективной струи:

$$G_{у.к} = \eta_{опт.к} \cdot G, \text{ мг/с} \quad (2.24)$$

- для компактной приточной струи:

$$G_{у.п} = \eta_{опт.п} \cdot G, \text{ мг/с} \quad (2.25)$$

Задание: рассчитать производительность вытяжного зонта круглой формы (табл. 2.5).

Таблица 2.5 – Исходные данные для расчета производительности вытяжного зонта круглой формы

Параметры и размеры отсоса	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Размеры источника, r , м	1,0	1,1	0,5	0,4	0,3	0,32	0,75	0,85	0,8	0,9
2. Размеры зонта. R , м	1,1	1,2	0,6	0,5	0,4	0,42	0,80	0,9	0,85	0,95
3. Расстояние до зонта, l , м	1,0	1,2	1,2	1,3	0,75	0,85	0,9	1,1	0,8	0,9
4. Форма струи*	к.к.	к.к.	к.п.	к.п.	к.п.	к.п.	к.к.	к.к.	к.к.	к.к.
5. Количество вредных выделений. G , мг/с	спирт 300,0	спирт 400,0	бен- зин 100,0	бен- зин 150,0	амми- ак 50,0	амми- ак 60,0	пыль древ. 80,0	пыль древ. 90,0	пыль кремн. 70,0	пыль кремн. 80,0
6. Количество рассредоточенных В.В. G_{nb} мг/с (не более 10%)	спирт 30,0	спирт 40,0	бен- зин 10,0	бен- зин 15,0	амми- ак 5,0	амми- ак 6,0	пыль 4,0	пыль 4,5	пыль 4,0	пыль 4,5
7. Количество воздуха, удаляемого из помещения общеобменной вентиляцией на один отсос $L_{в}$. м ³ /с	0,1	0,12	0,15	0,17	0,12	0,10	0,15	0,16	0,08	0,1
8. Конвективная теплопроизводительность источника. Q , Вт	500	600	-	-	-	-	750	800	1000	1100
9. Скорость истечения загрязненной приточной струи. $U_{п}$ м/с	-	-	0,2	0,2	0,3	0,3	-	-	-	-
10. Скорость движения воздуха в помещении. $U_{в}$ м/с	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	0,25	0,25	0,4	0,4

* форма и характер загрязненной струи:

К.К. – компактная конвективная; К.П. – компактная приточная.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение местного отсоса.
2. Классификация местных отсосов.
3. Эффективность улавливания вредных веществ вытяжными зонтами.
4. Основные варианты конструкции вытяжных зонтов.
5. Производственные процессы, в которых применяются вытяжные зонты круглой формы.
6. Производственные процессы, в которых применяются вытяжные зонты прямоугольной формы.
7. Производственные процессы, в которых применяются щелевые вытяжные зонты.
8. Порядок расчета вытяжных зонтов.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

1. Изучите порядок расчета вытяжных панелей.
2. Рассчитайте производительность вытяжной панели, расположенной в стенке и в свободном пространстве (по усмотрению преподавателя).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Техника и технология защиты воздушной среды: учеб. пособие для вузов / В.В. Юшин, В.М. Попов, П.П. Кукин и др. – М.: Высшая школа, 2005. – 391 с.
2. Стуров Д.С. Проектирование и расчет местной вентиляции машиностроительных производств: учеб. пособие для студентов технических специальностей вузов и техникумов дневного, вечернего и заочного обучения; Под ред. В.Ф. Мироненко / Алт. Гос. Техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АЛТ ГТУ, 2006. – 211 с.
3. Посохин В.Н. Расчет местных отсосов от тепло- и газо-выделяющего оборудования. – М.: Машиностроение, 1984. – 160 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА

Цель работы:

- ознакомиться с весовым методом определения запыленности воздуха;
- изучить и практически освоить лабораторную установку;
- определить содержание пыли в воздухе весовым методом;
- дать санитарную оценку запыленности.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Многие технологические процессы в промышленности сопровождаются выделением пыли. Это процессы механической обработки хрупких материалов, дробления, просеивания, транспортировка сыпучих материалов, переработка волокнистых материалов, сварка и др.

Пыль - это мельчайшие частицы вещества, способные длительное время находиться в воздухе или в производственных газах во взвешенном состоянии. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) пыли в воздухе рабочей зоны установлены СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Предельно-допустимые концентрации пыли в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Особенности действия на организм
Пыль доменного шлака	6	4	Ф
Пыль растительного и животного происхождения:			
а) с примесью диоксида кремния от 2 до 10%	4	4	А, Ф.
б) зерновая	4	3	А, Ф.
в) лубяная, хлопковая, льняная, шерстяная и др. (с примесью диоксида кремния более 10%)	2	4	А, Ф.
г) мучная, древесная и др. (с примесью диоксида кремния менее 2%)	6	4	А, Ф.

Для определения пыли в воздухе и её состава используют различные *методы*, которые можно разделить на *две группы*:

- *прямые*, основанные на предварительном осаждении пылевых частиц (весовой, седиментационный, радиоизотопный, пьезоэлектрический);

- *косвенные*, без предварительного осаждения (оптические, механические, электрические).

Методы обеспечивают определение массовой концентрации пыли на основе измерения либо перепада давления на фильтрующем материале при прокачивании через него запыленного воздуха, либо частоты (амплитуды) вибрации, возникающей в результате трения частиц пыли о стенки корпуса первичного преобразователя, либо интенсивности проникающей радиации через фильтр с пылью.

Одним из простых и широко распространенных методов является *весовой*. Сущность метода заключается во взвешивании специального фильтра до и после просасывания через него некоторого объема запыленного воздуха, с последующим определением массы осевшей пыли. Недостатком весового метода является то, что он не дает представления о качественной характеристике пыли, без которой невозможна полная гигиеническая оценка запыленности. Одно и то же весовое количество пыли может быть при наличии в воздухе небольшого числа крупных частиц и множества мелких, а с точки зрения поведения пыли в воздухе и воздействия ее на организм человека эти случаи совершенно разные.

При определении концентрации пыли весовым методом чаще всего используются фильтры АФА, изготовленные из гидрофобного высокоэффективного нетканого фильтрующего материала ФПП (фильтр перхлорвиниловый Петрянова), которые имеют следующие достоинства:

- 1) хорошие фильтрующие свойства;
- 2) высокий коэффициент улавливания за счет электростатических свойств;
- 3) небольшой собственный вес;
- 4) малое аэродинамическое сопротивление фильтров.

Перечень материалов, приборов и оборудования, необходимых для исследования запыленности воздуха весовым методом с помощью фильтров, приводится в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Перечень материалов, приборов и оборудования, необходимых для исследования запыленности воздуха весовым методом

Наименование	Тип прибора	Назначение
1. Весы аналитические	АДВ- 200 (точность измерения $\pm 0,1$ мг)	Взвешивание фильтров
2. Аллонж (фильтродержатель)	ИРА- 10, ИРА- 20	Отбор пробы аэрозоля на фильтр

Наименование	Тип прибора	Назначение
3. Электрический аспиратор	ПУ-4Э	Протягивание воздуха с определенной скоростью воздуха
4. Часы или секундомер	С секундомерной стрелкой	Определение продолжительности отбора пробы
5. Комплект фильтров	АФА- ВП-10 АФА- ВП- 20	Улавливание аэродисперсных примесей
6. Резиновый шланг	Диаметр до 10мм	Соединение аппаратуры при отборе проб
7. Барометр	БАММ	Измерение давления воздуха
8. Термометр	Со шкалой до 100°С	Измерение температуры воздуха

Буква "В" в обозначении фильтров означает, что фильтр пригоден для весового метода, цифры 10 и 20 обозначают площадь круга фильтра (см²).

При измерении концентрации пыли в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений с гигиенической точки зрения оптимальной является скорость отбора, равная скорости человеческого дыхания, т. е. скорость легочной вентиляции (10- 15 л/мин). Время отбора определяется исходя из необходимого объема воздуха, который, в свою очередь, принимают в зависимости от предполагаемой концентрации пыли (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Зависимость концентрации пыли от объёма воздуха

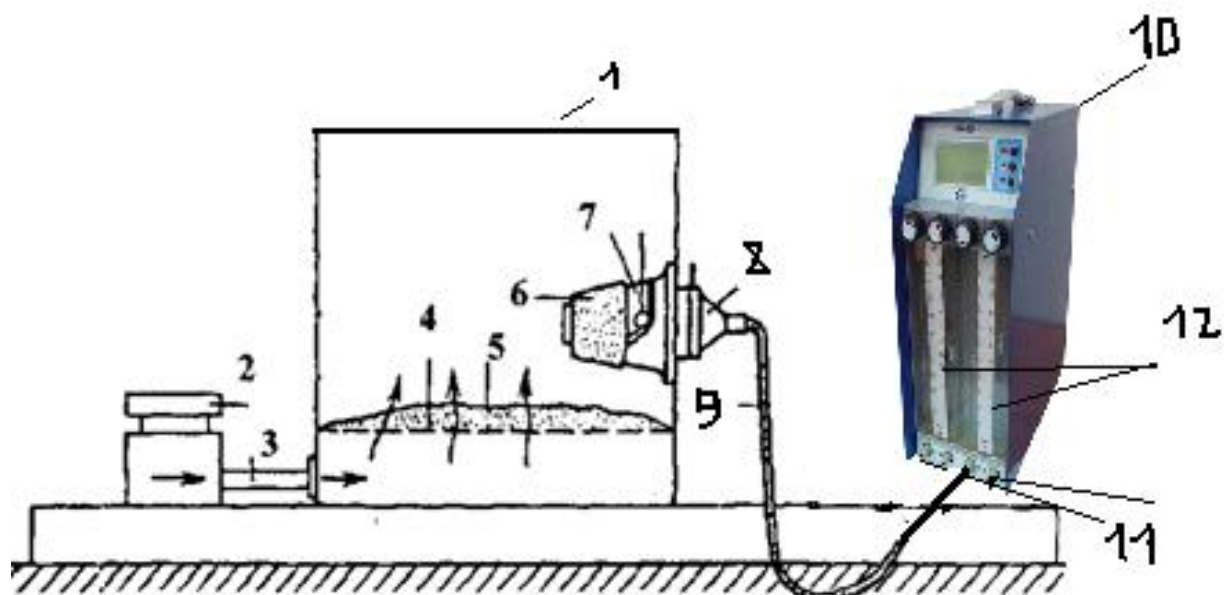
Предполагаемая концентрация пыли, мг/м ³	2	2-10	10-50	>50
Объем отбираемого воздуха, л	1000	500	250	100

Определение концентрации пыли весовым методом состоит из 4-х этапов:

- 1) подготовка аппаратуры и фильтров;
- 2) отбор пробы воздуха;
- 3) определение изменения массы фильтров;
- 4) расчет концентрации пыли.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка, предназначенная для определения запыленности, представлена на рис.3.1. Установка состоит из камеры 1, имитирующей производственное помещение и аспиратора 10. В камере на решётке 4 находится порция пыли 5, которая с помощью вентилятора 2 и воздуховода 3 поднимается в воздух. К боковой части камеры прикреплен аллонж 8 для установки фильтров. Аллонж соединяется с аспиратором 10 с помощью резиновой трубки 9. К аллонжу с внутренней стороны камеры крепят респираторы 6 для оценки эффективности защиты органов дыхания.



1 - корпус пылевой камеры; 2 - вентилятор; 3 - воздуховод; 4 - решетка; 5 - порция пыли; 6 - респиратор; 7 - конусная оправа; 8, - аллонж для установки аэрозольных фильтров; 9 - резиновая трубка; 10 - аспиратор ПУ-4Э; 11 – краны; 12 - ротаметры.

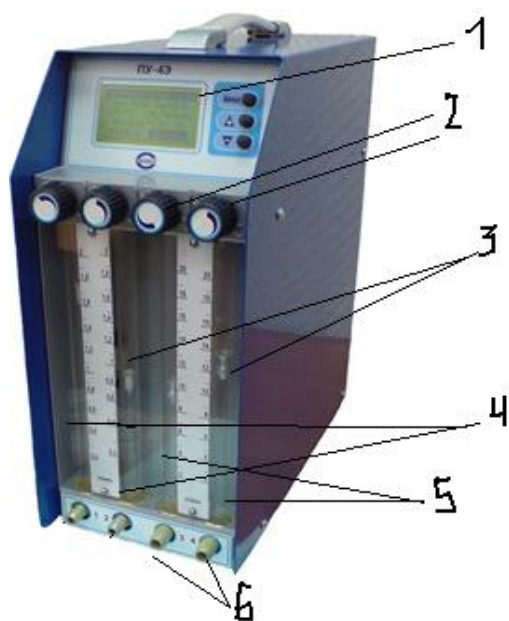
Рисунок 3.1 - Схема лабораторной установки для исследования запыленности воздуха

Воздушная камера представляет собой прямоугольную емкость размером 250 x300x450 мм или 0,34 м³. Для автоматического отбора проб воздуха, паров и аэрозолей (в рабочей зоне, атмосфере и промышленных выбросах) для проведения санитарного и экологического контроля используется аспиратор типа ПУ-4Э.

Он состоит из воздушного насоса с электродвигателем и четырёх ротаметров (рис.3.2), представляющих собой стеклянные трубки с поплавками. Проходя через ротаметр, воздух поднимает поплавков тем выше, чем больше скорость и расход воздуха. Резиновую трубку от аллонжа с фильтром, который находится в держателе, присоединяют к штуцерам. На панели аспиратора находятся краны для регулировки скорости отбора проб. Отчёт показаний ведут по верхнему краю поплавка.

Аспиратор ПУ-4Э обеспечивает отбор проб с заданным объемным расходом через поглотитель по 4-м параллельным каналам. (1,2 канал от 0,2 до 2 л/мин, 3,4 каналы от 2 до 20 л/мин). Отобранные пробы анализируются в лабораторных условиях с применением стандартных методик.

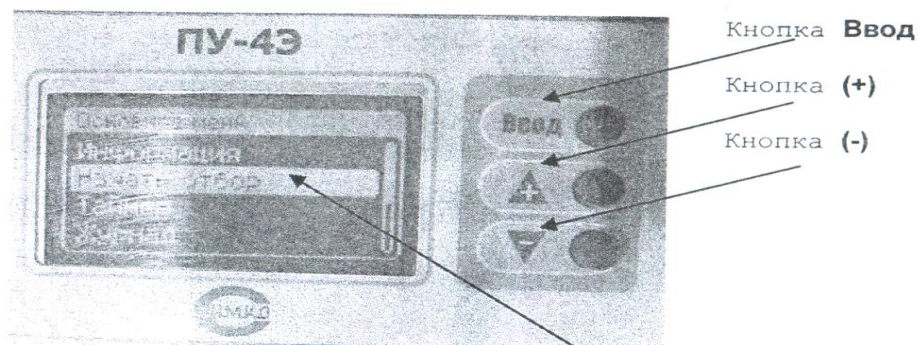
Вся информация о режимах работы и отборе пробы размещена на ЖК-индикаторе (рис.3.3).



1 - табло; 2 - запорные вентили ротаметров; 3 - поплавок ротаметра; 4 - ротаметры для отбора проб воздуха на загазованность; 5 - ротаметры для отбора проб воздуха на запыленность; 6 - выходные штуцеры ротаметров.

Рисунок 3.2 – Аспиратор ПУ-4Э

Основное меню



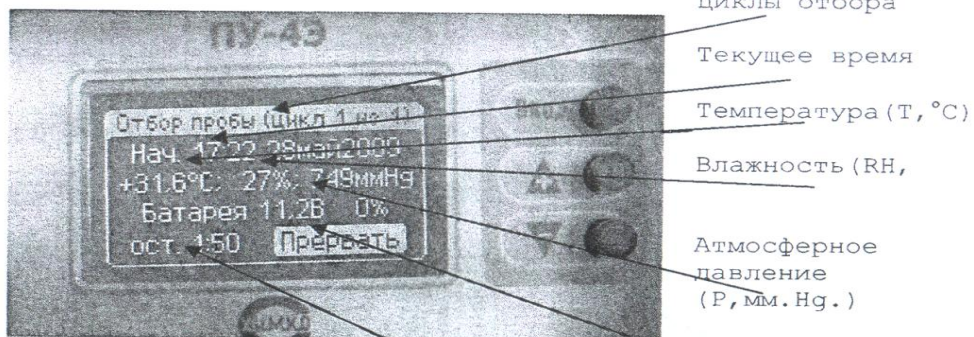
Кнопка Ввод

Кнопка (+)

Кнопка (-)

Активный пункт меню Начать отбор

Меню Отбор пробы



Циклы отбора

Текущее время

Температура (Т, °С)

Влажность (RH,

Атмосферное давление (Р, мм. Hg.)

Напряжение аккумулятора В

Остаток времени отбора мин.

Рисунок 3.3 – Вид ЖК-индикатора ПУ-4Э

Технические характеристики aspirатора ПУ-4Э:

- диапазоны расхода: от 0,2 до 2,0 л/мин (по 1 и 2 каналам); от 2,0 до 20,0 л/мин (по 3 и 4 каналам);
- погрешность задания расхода: +/- 5 %;
- сопротивление поглотителя от 0 до 5 кПа;
- время отбора пробы от 1 до 99 мин (имеется таймер средне-суточного отбора, индикаторные показания температуры воздуха, атм. давления, влажности);
- питание от сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц или от внешнего аккумулятора напряжением 12 В.

Условия эксплуатации:

- ✓ температура окружающей среды от 263 до 313 К (от минус 10 до 40°С);
- ✓ относительная влажность до 98 % при температуре 25 °С;
- ✓ атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

Достоинства aspirатора

- металлический корпус, защищенные ротаметры, большой ЖК-индикатор таймера;
- метрологическое обеспечение - устройство включено в Государственный реестр РФ;
- удобство в эксплуатации;
- взаимная независимость расходов по каналам;
- разборные ротаметры, упрощающие обслуживание.

Задание. Создать в камере определенную запыленность и весовым методом определить содержание пыли в помещении заданного объема. Сравнить полученные результаты с ПДК пыли в воздухе рабочей зоны (табл. 3.1).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать лабораторную установку: снять респиратор с конусной оправы, штуцер aspirатора подсоединяют с помощью резиновой трубки с аллонжем экспериментальной камеры. Включить в розетку aspirатор и вентилятор.

2. Взвесить на аналитических весах чистый фильтр. Для этого его помещают в держатель. Фильтр брать и перемещать только пинцетом, не касаясь его руками. Вставить фильтр с держателем в аллонж.

3. Включить вентилятор пылевой камеры и добиться равномерного распределения пыли по камере.

4. Включить aspirator и одновременно секундомер. Вентилем отрегулировать скорость просасывания воздуха (10- 15 л/мин. по указанию преподавателя).

5. Проводить забор пробы воздуха в течение 10-15 минут (по указанию преподавателя). Снять аллонж, вынуть из него фильтр с держателем, не встряхивая и не переворачивая, вторично взвесить на весах.

6. Рассчитать концентрацию пыли в камере в реальных условиях, ($\text{мг}/\text{м}^3$):

$$C_o = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 1000}{v \cdot T} \quad (3.1)$$

где m_1 - масса чистого фильтра, мг; m_2 – масса фильтра после отбора пробы воздуха, мг; V - скорость просасывания воздуха, л/мин; T - время просасывания воздуха через фильтр, мин.

7. Результат измерения привести к нормальным условиям:

$$C = C_o \cdot \frac{273+t}{293} \cdot \frac{101,3}{p} \quad (3.2)$$

где t - температура воздуха в камере, С; p - атмосферное давление в камере, кПа, (при нормальных условиях 101,3 кПа).

8. Результаты эксперимента занести в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты выполненного эксперимента и его обработки

m_1 , мг	m_2 , мг	$m_2 - m_1$, мг	V , л/мин	T , мин	t , °С	P , кПа	C_o , мг/м ³	C , мг/м ³

9. Сравнить полученное значение концентрации на данный вид пыли с ПДК, сделать вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Определение пыли.
- 2 Методы определения запылённости воздушной среды.
- 3 Сущность весового метода.
- 4 Достоинства фильтра АФА.
- 5 Приборы, необходимые для определения концентрации пыли в воздухе.
- 6 Принцип работы aspiratora.
- 7 Приведение газа к нормальным условиям.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

1. Изучите один из прямых методов определения концентрации пыли в воздухе (весовой, седиментационный, радиоизотопный, пьезоэлектрический; по усмотрению преподавателя).

2. Используя информацию, содержащуюся в сети интернет подберите прибор, реализующий указанный метод и дайте его подробное описание.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 N 2 "Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

2. Русанов, А.А. Справочник по пыле- и золоулавливанию [Текст]: справочник / Русанов, А.А.; под ред. А.А. Русанова. - М.: Энергия, 1982. - 296 с.

3. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны [Текст]: справочник / С.И.Муравьева, М.И.Буковский, Е.К. Прохорова и др. М.: Химия, 1991.

4. Перегуд Е.А., Горелик Д.О. Инструментальные методы контроля загрязнения атмосферы [Текст] : справочник. Л.: Химия, 1981. – 312 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЦИКЛОНА

Цель работы:

- изучить методику определения концентрации пыли в газовом потоке;
- определить эффективность работы циклона.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Циклон является одним из наиболее распространенных пылеулавливающих аппаратов. В циклонах можно достаточно полно улавливать частицы размером 10-20 мкм и более. Обычно циклоны используют в качестве первой ступени улавливания пыли, обеспечивающей выделение из газового потока основной массы (60-80%) наиболее крупных частиц. Если есть необходимость более тонкой очистки газа, то за циклонами устанавливают, например, рукавные фильтры или электрофильтры.

Центробежная сила, возникающая при работе циклона, создается при вращении газового потока внутри цилиндрической части корпуса (рис 4.1). Это вращение достигается путем тангенциального ввода газа в циклон. Центробежной силой пылевые частицы отбрасываются на стенки корпуса, под действием перемещающегося в осевом направлении вращающегося потока и силы тяжести движутся вниз и вместе с частью газов попадают в бункер для пыли. Часть газов, попавших в бункер и освободившихся от пыли, возвращается в циклон через центральную часть пылеотводящего отверстия, давая начало внутреннему вихрю очищенного газа, покидающего аппарат через выхлопную трубу. Отделение частиц от попавших в бункер газов происходит под действием сил инерции при изменении направления движения газов на 180°.

При движении во вращающемся криволинейном потоке газа частицы пыли находятся под действием силы тяжести, центробежной силы и силы сопротивления среды. Поскольку масса частиц мала, силой тяжести можно пренебречь. Величина центробежной силы, действующей на сферическую частицу массой m , определяется по формуле:

$$P_{ц} = \frac{v_T^2 \times m}{R} = \frac{\pi \times d_q^3}{6} \cdot \rho_q \cdot \frac{v_T^2}{R} \quad (1)$$

где R - радиус кривизны траектории частицы в рассматриваемой точке, m ; v_T - тангенциальная составляющая скорости частицы,

м/с; $d_{ч}$ - диаметр частицы, м; $\rho_{ч}$ - плотность материала частицы, кг/м³.

Под действием центробежной силы частица перемещается в радиальном направлении, преодолевая сопротивление среды. При этом она проходит ряд состояний, характеризующихся равновесием изменяющихся по величине центробежной силы и силы сопротивления среды.

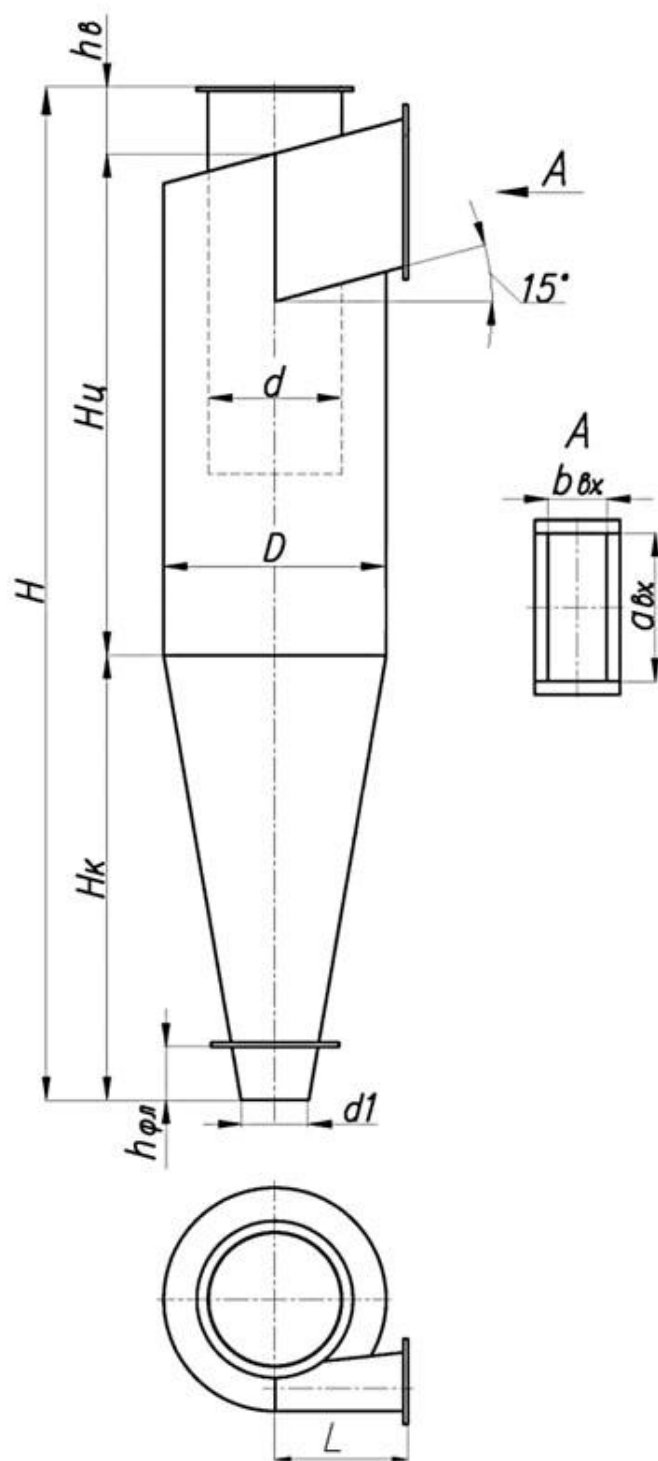


Рисунок 4.1 - Циклон конструкции НИИОГАЗ ЦН-15

С учетом закона Стокса можно написать

$$\frac{\pi \times d_{\text{ч}}^3}{6} \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot \frac{v_T^2}{R} = 3 \cdot \pi \cdot V_R \cdot d_{\text{ч}} \cdot \mu \quad (2)$$

где μ — вязкость среды, Н с/м²; v_R - скорость частицы в радиальном направлении, м/с.

С использованием ряда упрощающих допущений для условий равновесия действующих на частицу сил получена формула, позволяющая определить наименьший размер осаждаемых в циклоне частиц

$$d_{\text{min}} = 3 \times \sqrt{\frac{\mu \cdot (R_2 - R_1)}{\pi \cdot n \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot v_t}} \quad (3)$$

где R_1 и R_2 — соответственно радиусы центральной трубы и циклона, м; n - число кругов, совершаемой частицей в циклоне/

Анализ выражения (3) позволяет сделать следующие выводы о влиянии различных факторов на степень пылеулавливания в циклоне.

1. Эффективность работы циклона возрастает с повышением скорости газового потока в циклоне. Однако при больших скоростях наблюдается снижение степени улавливания пыли, что объясняется уносом уже осажденной пыли. С ростом скорости газового потока возрастает абразивный износ аппарата, а также его гидравлическое сопротивление. Обычно принимаются скорости движения газа в циклоне в пределах 3 - 4,5 м/с.

2. С увеличением вязкости газа эффективность циклона падает. Следовательно, с ростом температуры очищаемого газа степень улавливания в циклоне пылевых частиц будет снижаться.

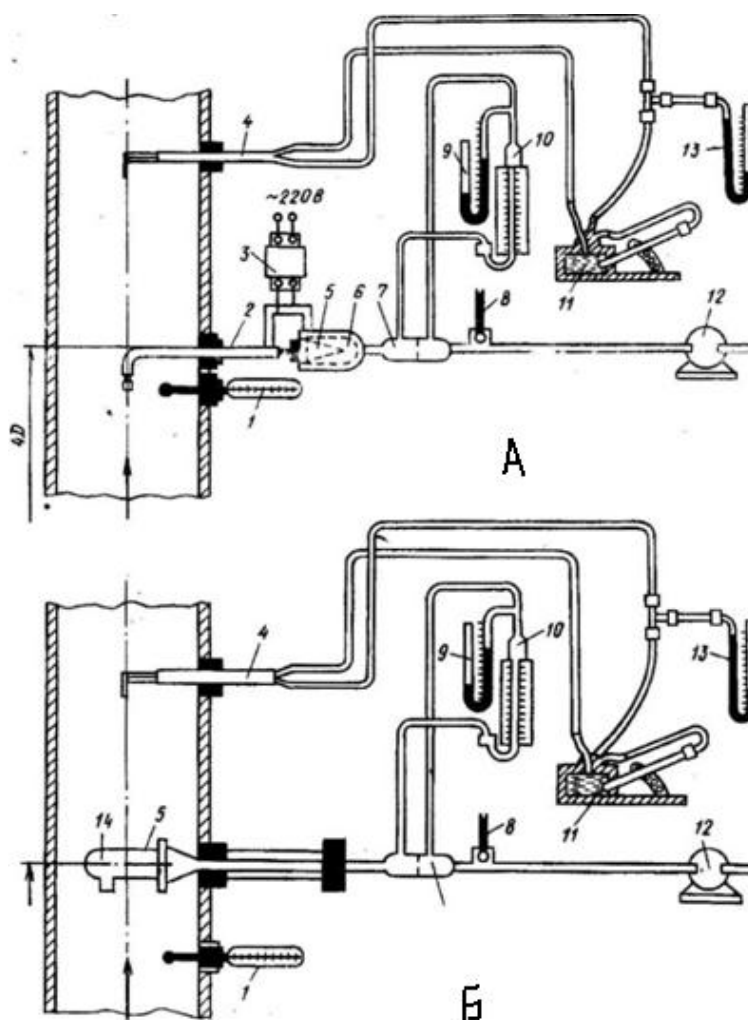
3. С увеличением размеров циклонов их эффективность снижается. Поэтому применять циклоны диаметром более 1 м не рекомендуется.

Эффективность работы циклона может определяться расчетным и экспериментальным методами. Порядок определения эффективности циклона расчетным методом изложен в специальной литературе [3]. При определении эффективности экспериментальным методом определяется содержание пыли на входе $C_{\text{вх}}$, мг/м³, и на выходе $C_{\text{вых}}$, мг/м³, из циклона. Если пренебречь подсосом воздуха, то эффективность можно определить по формуле:

$$\eta = 1 - C_{\text{вых}}/C_{\text{вх}} \quad (4)$$

Для определения запыленности отобранную пробу газа пропускают через пылеотделительное устройство. В зависимости от места размещения пылеотделительного устройства различают два метода определения запыленности.

1. *Метод внутренней фильтрации* (рис.4.1). При внутренней фильтрации осаждение пыли из отбираемого объема газа осуществляется в пылеотделительном устройстве, которое располагается внутри газохода. Этот метод применяется в том случае, когда в газе содержатся агрессивные или трудно транспортируемые компоненты, например оксиды серы, смолы, липкая пыль и другие вещества, обуславливающие невозможность применения внешней фильтрации отбираемого газа.



1, 8 - термометры; 2 - заборная трубка; 3 - трансформатор; 4 - пневмометрическая трубка; 5 - фильтр; 6 - патрон; 7 - диафрагма; 9, 13 - манометры; 10 - реометр; 11 - микроманометр; 12 - воздуходувка; 14 - алонж

Рисунок 4.2 - Установки для определения запыленности газов методами внешней (А) и внутренней (Б) фильтрации

2. *Метод внешней фильтрации* (рис.4.2). При внешней фильтрации выделение пыли из отобранного объема газа производится после вывода его через газозаборную трубку из газопровода, т.е. пылеотделительное устройство находится вне газопровода. Этот метод удобнее в применении, чем метод внутренней фильтрации. При использовании же водоохлаждаемых заборных трубок его можно использовать при любой температуре исследуемого газа. Однако точность замеров запыленности методом внешней фильтрации может быть меньше по сравнению с методом внутренней фильтрации ввиду возможного осаждения пыли на внутренних стенках газозаборной трубки.

Пылеотделительное устройство должно обеспечивать улавливание пыли с эффективностью не менее 99,5%, обладать достаточной термостойкостью, стойкостью к воздействию кислот и щелочей, минимальной гигроскопичностью. Рекомендации по выбору наиболее распространенных пылеотделительных устройств приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Характеристика наиболее распространенных пылеотделительных устройств

Тип осадителя пыли	Температура газа, °С, не более	Запыленность, г/м ³	Максимальный прирост веса фильтра, г
<i>Метод внутренней фильтрации</i>			
Патрон со стекловолокном	400	0,01-15,0	До 2,0
Мембранные фильтры или фильтры типа АФА	60	0,02	Не более 0,1
<i>Метод внешней фильтрации</i>			
Патрон с тканевым фильтром	350	50,0	До 80
Циклон с последующим фильтром	350	15,0	До 10
Мембранные фильтры или фильтры типа АФА	60	0,02	Не более 0,1

Перед проведением измерений предварительно определяют поле скоростей газа по измерительному сечению.

При отсутствии крупных частиц пыли (более 10 мкм) и равномерном распределении скоростей газа по измерительному сечению (неравномерность скоростей газа не превышает 15%) отбор проб может проводиться в одной точке измерительного сечения (обычно в центре).

Отбор проб осуществляется при фиксированном расходе газа, обеспечивающем условия изокINETИЧНОСТИ во входном сечении пылезабортного устройства, т.е. скорость газа в пробоотборной

трубке должна, быть равна скорости газа в воздуховоде. Для соблюдения изокINETИЧНОСТИ используют специальные пылеотборные трубки со сменными наконечниками. Расчетный диаметр наконечников вычисляют по формуле:

$$d = \frac{24}{\sqrt{V_i}} \quad (5)$$

где V_i - скорость газа в точке измерения (отбора пробы), м/с. Сопротивление циклона рассчитывается по формуле:

$$\Delta P_{\text{ц}} = \xi_{\text{ц}} \times \frac{\rho_{\text{г}} \times v_{\text{г}}^2}{2} \quad (6)$$

где $\xi_{\text{ц}}$ - коэффициент местного сопротивления циклона.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

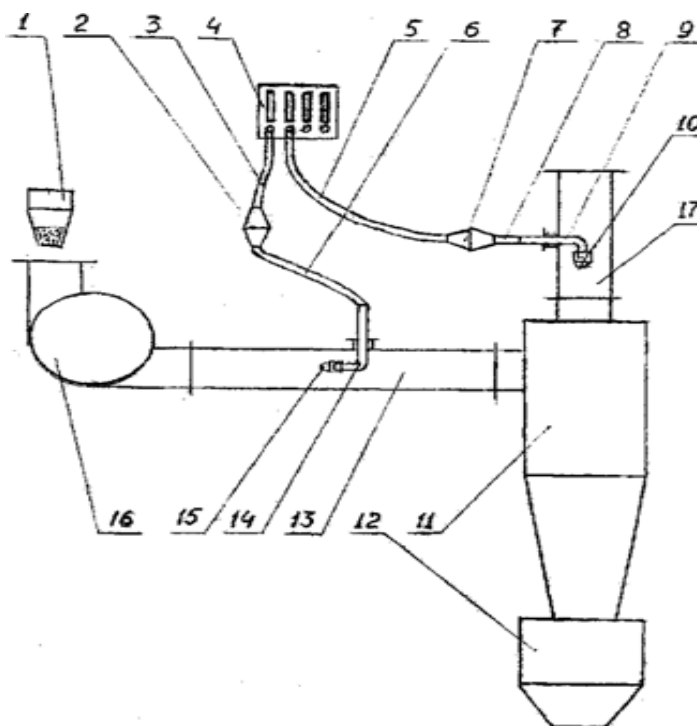


Рисунок 4.3 – Схема лабораторной установки очистки газа от пыли в циклоне

Установка очистки газа от пыли в циклоне включает циклон ЦН-15У 11, в котором тангенциально по газопроводу 13 с помощью вентилятора 16 подается запыленный воздух. Для подачи пыли в циклон используется дозатор - питатель 1. Уловленная в циклоне пыль поступает в бункер - накопитель 12, а очищенный воздух выбрасывается по газопроводу 17.

Пробы воздуха для определения запыленности до и после циклона отбирают с помощью газозаборных трубок 9 и 14 с наконеч-

никами 10 и 15 под действием aspirатора 4. Для выделения пыли из отобранных проб воздуха служат АФА-фильтры, закрепленные в держателях 2 и 7. Для соединения пылегазозаборных трубок, держателей и aspirаторы используются резиновые трубки 3, 5, 6, 8. В работе используется aspirатор типа ПУ-4Э (см. лабораторную работу №3).

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

В процессе выполнения работы определяется эффективность очистки газов в циклоне ЦН - 15 У - 250.

1. Приготовить два фильтра для определения запыленности газового потока на входе в циклон и на выходе. Определить массу фильтров m_{ex1} и m_{ex2} .

2. Настроить aspirатор на скорость отбора пробы $v_{отб}$, л/мин и вставить газозаборные трубки с наконечниками в центр газотока навстречу газовому потоку. Привести в действие питатель и включить вентилятор.

3. Отбор проб осуществлять в течении времени τ , мин, после чего определить массы запыленных фильтров m_{ex1} и m_{ex2} .

4. Определить объем отобранных проб, приведенных к нормальным условиям:

$$V = v_{отб} \cdot \tau \cdot 10^3 \cdot \frac{273}{273+t_p} \cdot \frac{B-P_{вх}}{101361,5}, \text{ м}^3 \quad (7)$$

где t_p - температура газа, °С; B - барометрическое давление, Па.

5. Рассчитывают запыленность газа на входе в циклон $C_{вх}$ мг/м³ и на выходе из циклона $C_{вых}$, мг/м³:

$$C = m/V \quad (8)$$

6. Определить эффективность циклона по формуле (4). Результаты занести в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Таблица результатов измерений эффективности пылеулавливания в циклоне

Место отбора пробы	Масса фильтра до отбора проб, m_1	Масса фильтра после отбора пробы, m_2	Скорость отбора проб $v_{отб}$, л/мин	Время отбора проб τ , мин	Объем отобранных проб, приведенных к НУ V , м ³	Запыленность газа C , мг/м ³	Эффективность пылеулавливания в циклоне η
Во входном сечении							
В выходном сечении							

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Устройство и принцип работы циклона.
2. Факторы, влияющие на степень пылеулавливания в циклоне.
3. Метод внутренней фильтрации.
4. Метод внешней фильтрации.
5. Обеспечение изокINETИЧНОСТИ при отборе пробы воздуха.
6. Экспериментальное определение эффективности пылеулавливания в циклоне.
7. Описание лабораторной установки.
8. Порядок выполнения работы.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

1. Изучите порядок определения эффективности циклона расчетным методом.
2. Определите эффективность исследуемого циклона расчетным методом и сравните с результатом полученным во время проведения лабораторной работы. Сделайте соответствующие выводы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Русанов, А.А. Справочник по пыле- и золоулавливанию [Текст]: справочник / Русанов, А.А.; под ред. А.А. Русанова. - М.: Энергия, 1982. - 296 с.
2. Кривошеин Д.А. Системы защиты среды обитания [Текст]: учебное пособие / В.П. Дмитренко, Н.В Федотова. – М.: Академия, 2014. В 2 т. Т. 1. - 352 с.
3. Техника и технология защиты воздушной среды [Текст]: учебное пособие для вузов / В.В. Юшин, В.М. Попов, П.П.Кукин и др. – М.: Высшая школа, 2008. – 391 с.
4. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Контроль пылеулавливающих установок [Текст] : справочник - М.: Металлургия, 1973. – 265 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ

Цель занятия:

- ознакомиться с сущностью электрической очистки газа;
- ознакомиться с конструкциями сухих электрофильтров;
- изучить методику расчета эффективности пылеулавливания в сухих электрофильтрах.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

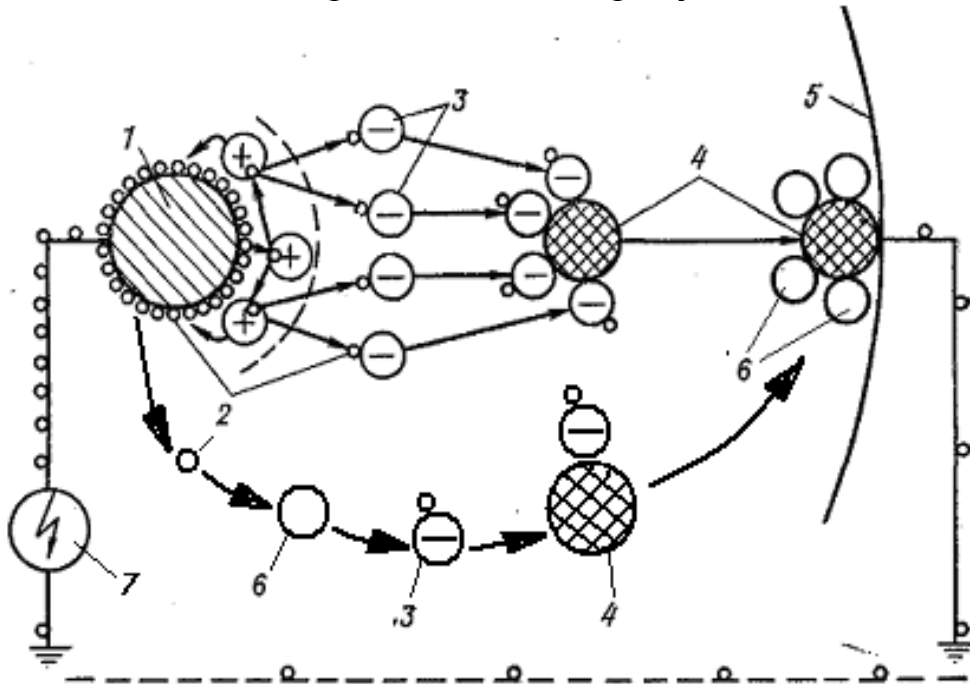
Способ в электрофильтрах от взвешенных частиц мелкодисперсной пыли и жидкости основан на явлении ионизации газовых молекул в электрическом поле высокого напряжения. Частицы получают заряд от ионов газа и осаждаются на электродах электрофильтра, а очищенный газ выводится из аппарата.

Основными элементами электрофильтра являются осадительные и коронирующие электроды. Газ, содержащий взвешенные частицы, проходит через систему, состоящую из заземленных осадительных электродов и размещенных на некотором расстоянии коронирующих электродов, к которым подводится электрический ток высокого напряжения (свыше 15 кВ). При этом коронирующие электроды изолируются от земли и присоединяются к отрицательному полюсу агрегата питания, а осадительные электроды присоединяются к положительному полюсу агрегата.

При достаточно большом напряжении, приложенном к межэлектродному промежутку, у поверхности коронирующего электрода происходит интенсивная ударная ионизация газа, сопровождающаяся возникновением коронного разряда. Коронный разряд характерен для системы электродов с резко неоднородным полем, для создания которого один электрод (коронирующий) выполняют в виде проволоки или узких полос с выступающими острыми иглами, а другой – в виде охватывающей трубы или расположенной рядом пластины. За счет значительной разницы радиусов кривизны осадительного и коронирующего электродов, напряженность электрического поля неравномерна.

Вследствие возникновения коронного разряда, внешняя часть межэлектродного промежутка заполняется, в основном, отрицательно заряженными ионами. Отрицательно заряженные ионы под действием сил электрического поля движутся от коронирующих электродов к осадительным. Частицы пыли, находящиеся в межэлектродном пространстве, адсорбируют эти ионы на своей поверх-

ности, приобретая электрический заряд, и под влиянием сил электрического поля также движутся к осадительным электродам, осаждаваясь на них. Незначительная часть дисперсных частиц, столкнувшихся с положительно заряженными ионами в области короны, оседает на коронирующем электроде. Общая схема процесса электрической очистки газа представлена на рисунке 5.1.



1 – коронирующий электрод; 2 – электроны; 3 – ионы; 4 – частицы пыли; 5 – осадительный электрод; 6 – молекулы газа; 7 – агрегат электропитания

Рисунок 5.1 - Схема электрической очистки газа

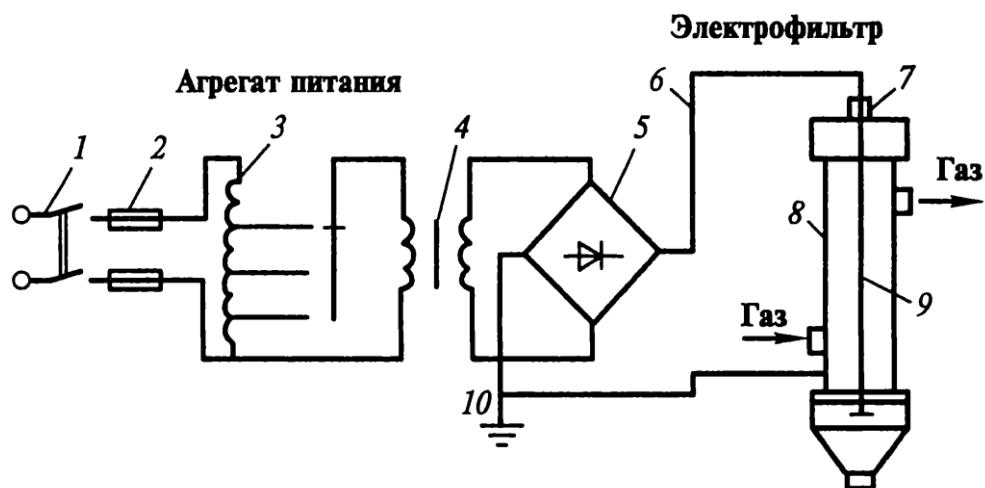
Таким образом, концентрация пыли в газе при прохождении его через активную зону электрофильтра значительно уменьшается.

Электрофильтр состоит из корпуса, в котором размещаются коронирующие и осадительные электроды. Для подачи тока высокого напряжения на электроды электрофильтра используется агрегат питания, состоящий из следующих основных узлов:

- 1) трансформатора, повышающего напряжение сети (220 В) до напряжения в десятки киловольт;
- 2) выпрямителя, предназначенного для выпрямления переменного тока;
- 3) регулятора напряжения.

Напряжение от электроагрегата подается на электроды при помощи кабеля.

Конструктивная схема электрофильтрационной установки представлена на рисунке 5.2.



1 – рубильник; 2 – предохранитель; 3 – регулятор напряжения; 4 – трансформатор; 5 – выпрямитель; 6 – кабель; 7 – изолятор; 8 – осадительный электрод; 9 – коронирующий электрод; 10 – заземление

Рисунок 5.2 - Схема электрофильтрационной установки

Преимущества электрической очистки газов заключаются в следующем:

- 1) низкое гидравлическое сопротивление (до 150 Па);
- 2) небольшие энергозатраты при очистке больших объемов газа (энергия, подводимая к обрабатываемым газам при электроосаждении, расходуется, в основном, на оказание непосредственного воздействия на осаждаемые частицы);
- 3) высокая эффективность очистки по отношению к частицам любых размеров;
- 4) возможность улавливания как твердых, так и жидких взвешенных частиц;
- 5) возможность работы в агрессивных средах;
- 6) возможность очистки высокотемпературных газов;
- 7) процессы регулирования напряжения, удаления с электродов уловленных частиц и выгрузки пыли в электрофильтрах могут быть полностью механизированы и автоматизированы.

Наряду с достоинствами, электрофильтры имеют определенные недостатки:

- 1) высокая требовательность к уровню обслуживания;
- 2) большие энергозатраты при очистке небольших объемов газа;
- 3) высокая металлоемкость и большие габариты;
- 4) влияние электрических свойств пыли на процесс очистки;
- 5) электрофильтр не может быть использован для очистки от взрывоопасной пыли.

Главным технологическим элементом электрофильтров, влияющим на работу аппарата, является электродная система. В зависимости от типа осадительных электродов электрофильтры делят на пластинчатые и трубчатые. Очищаемый газ в электрофильтрах может проходить как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении, в связи с чем различают горизонтальные и вертикальные электрофильтры. При этом трубчатые осадительные электроды используются только в вертикальных электрофильтрах, а пластинчатые – как в горизонтальных, так и в вертикальных.

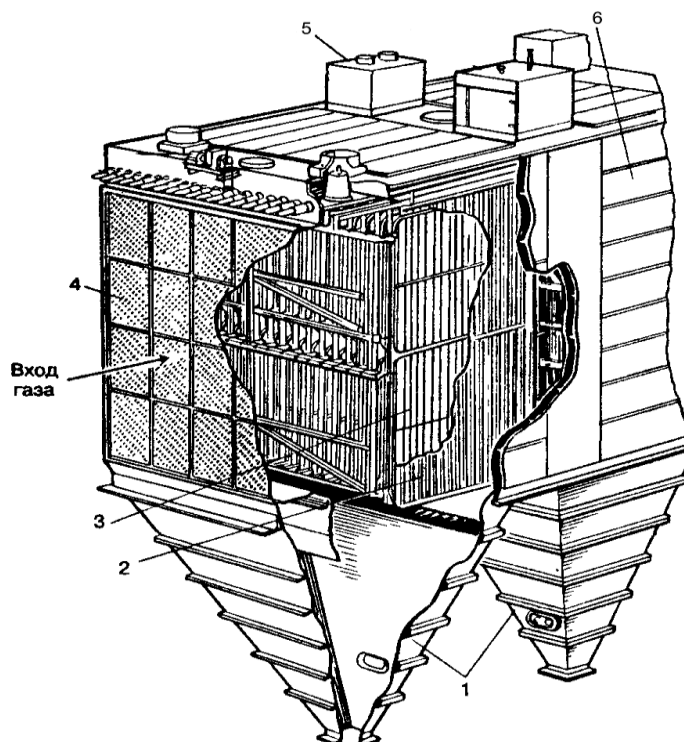
По способу удаления осаждающихся на электродах частиц выделяют сухие и мокрые электрофильтры. В сухих осевшие на электродах частицы удаляют при помощи встряхивания, а в мокрых – смывают водой. Преимущество мокрых электрофильтров перед сухими в процессе пылеулавливания заключается в отсутствии вторичного уноса, однако существенным недостатком их использования является образование сточных вод. Поэтому наиболее широкое распространение получили сухие электрофильтры.

По количеству последовательно расположенных электрических полей электрофильтры разделяют на однополевые и многополевые. Кроме деления на отдельные поля, электрофильтры разбивают на параллельные по ходу газов камеры – секции. По этому признаку электрофильтры разграничивают на односекционные и многосекционные.

По количеству зон, в которых осуществляются зарядка и осаждение частиц, электрофильтры принято делить на однозонные и двухзонные. В однозонных зоны зарядки и осаждения совмещены. Такие электрофильтры находят широкое применение для очистки промышленных газов. В двухзонных зарядка происходит в ионизаторе, а осаждение – в осадителе. Двухзонные электрофильтры нашли применение для очистки воздуха от мелкодисперсной пыли в системах приточной вентиляции.

Электрофильтры применяют в различных отраслях промышленности – на тепловых электростанциях, в металлургии и др. Наибольшее распространение в промышленности среди сухих электрофильтров получили аппараты типа УГ, ЭГА, ЭГТ, УВ.

Электрофильтры типа УГ (рис.5.3) – горизонтальные многополевые электрофильтры общепромышленного применения для очистки газов с температурой до 250 °С. Электрофильтры данного типа имеют С-образные осадительные электроды.

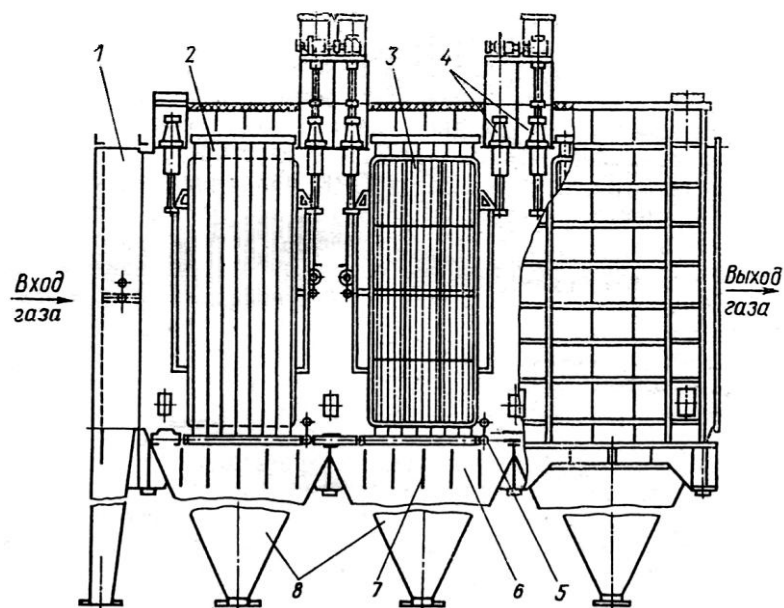


1 – бункеры; 2 – осадительные электроды; 3 – коронирующие электроды; 4 – газораспределительная решетка; 5 – источник питания; 6 – корпус

Рисунок 5.3 - Конструкция электрофилтра типа УГ

Условное обозначение электрофилтра типа УГ: У - унифицированный, Г - горизонтальный; первая цифра обозначает номер габаритной группы, вторая - количество электрических полей, третья - площадь активного сечения (m^2).

Электрофилтры типа ЭГА представляют собой горизонтальные многополевые пластинчатые электрофилтры с широкополосными осадительными электродами открытого профиля и ленточно-игольчатыми коронирующими электродами. При этом электрофилтры с числом газовых проходов от 10 до 40 являются односекционными, а от 48 до 88 - двухсекционными. Количество элементов в осадительном электроде - от 4 до 8, что дает активную длину поля от 2,56 м до 5,12 м. Условное обозначение электрофилтра типа ЭГА: Э - электрофилтр, Г - горизонтальный, А - модификация; первая цифра - количество секций, вторая - количество газовых проходов, третья - номинальная высота электродов (м), четвертая - количество элементов в осадительном электроде, пятая - количество электрических полей по длине электрофилтра, шестая - допустимая температура ($^{\circ}C$), седьмая - разрежение в электрофилтре (кПа). Конструкция электрофилтра типа ЭГА представлена на рисунке 5.4.

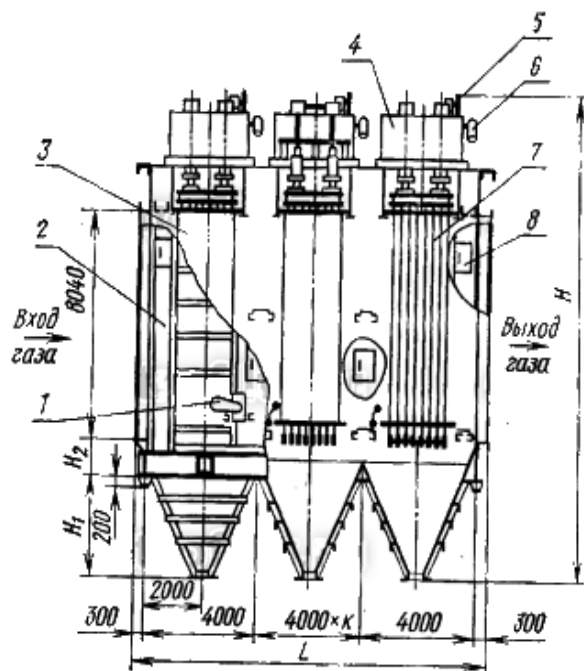


1 – газораспределительная решетка; 2 – осадительные электроды; 3 – коронирующие электроды; 4 – опорно-проходные изоляторы; 5 – механизмы встряхивания электродов; 6 – корпус; 7 – газоотсекающие листы; 8 – бункеры

Рисунок 5.4 - Конструкция электрофильтра типа ЭГА

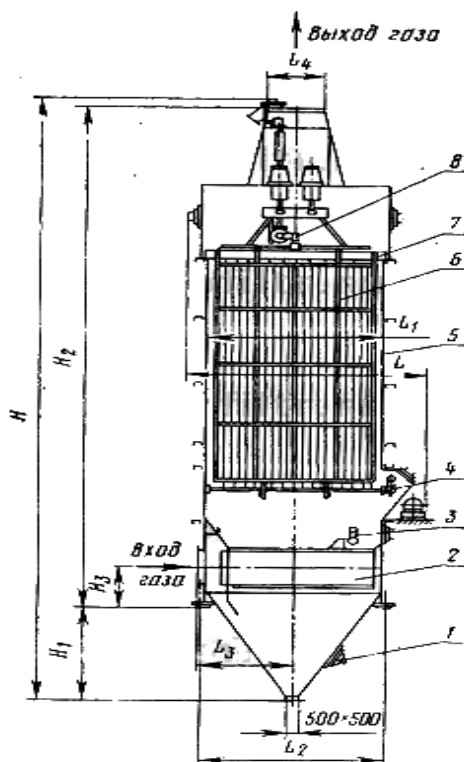
Электрофильтры типа ЭГТ (рис.5.5) предназначены для очистки от пыли неагрессивных газов температурой до 450 °С. Электродная система состоит из осадительных электродов, набранных из пластинчатых элементов специального профиля, и коронирующих электродов. Условное обозначение электрофильтра типа ЭГТ: Э – электрофильтр, Г – горизонтальный, Т – высокотемпературный, первая цифра – габарит типоразмерного ряда, вторая – количество полей, третья – длина электрического поля (м), четвертая – площадь активного сечения (м²).

Электрофильтры типа УВ представляют собой пластинчатые однополюсные вертикальные электрофильтры с С-образными осадительными электродами и ленточно-игольчатыми коронирующими элементами, собранными в рамной конструкции. Электрофильтры данного типа состоят из одной, двух или трех параллельно работающих секций. Они предназначены для очистки газов с температурой до 250 °С. Условное обозначение электрофильтра типа УВ: У – унифицированный, В – вертикальный, первая цифра – количество секций, вторая цифра – активное сечение одной секции (м²). Конструкция электрофильтра типа УВ приведена на рисунке 5.6.



1 – механизм встряхивания осадительных электродов; 2 – корпус; 3 – осадительный электрод; 4 – изоляционная коробка; 5 – механизм встряхивания коронирующих электродов; 6 – защитная коробка для подвода тока; 7 – коронирующий электрод; 8 – люк обслуживания

Рисунок 5.5 - Конструкция электрофильтра типа ЭГТ



1 – люк обслуживания; 2 – газораспределитель; 3 – механизм встряхивания газораспределителя; 4 – механизм встряхивания осадительных электродов; 5 – корпус; 6 – коронирующий электрод; 7 – осадительный электрод; 8 – механизм встряхивания коронирующих электродов

Рисунок 5.6 - Конструкция электрофильтра типа УВ

Методика расчета эффективности пылеулавливания

1. Вычисление скорости газов в активном сечении, м/с:

$$v = Q/f, \quad (1)$$

где Q – количество газов, м³/с;

f – площадь активного сечения, м².

2. Определение ориентировочной величины пылеемкости электродов, кг/м²:

$$m = (Q \cdot C_{\text{вх}} \cdot \tau \cdot \eta_{\text{пр}}) / F_{\text{ос}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{вх}}$ – исходная запыленность, кг/м³;

τ – интервал между регенерациями, с;

$\eta_{\text{пр}}$ – предполагаемая степень улавливания частиц в электрофильтре (принимается равной 0,98);

$F_{\text{ос}}$ – площадь осаждения, м².

3. Расчет коэффициента вторичного уноса:

$$K_y = 1 - 0,275 \cdot v_0^{0,35} \cdot h_0^{0,54} \cdot \exp(-1,72 \cdot m_3), \quad (3)$$

где v_0 , h_0 , m_3 – относительные скорость газа, высота и пылеемкость осадительных электродов, вычисляемые как отношения действительных значений данных характеристик к базовым, принимаемым соответственно 1 м/с, 8 м и 1 кг/м².

4. Определение напряженности поля у осадительного электрода, В/м:

$$E = U / [\delta \cdot \ln(D_1/D_2)], \quad (4)$$

где U – разность потенциалов на электродах, В;

δ – расстояние от конца иглы до осадительного электрода, м;

D_1 – шаг между осадительными электродами, м;

D_2 – расстояние между концами игл или зубьев коронирующих электродов (как правило, $D_2 = 0,03$ м).

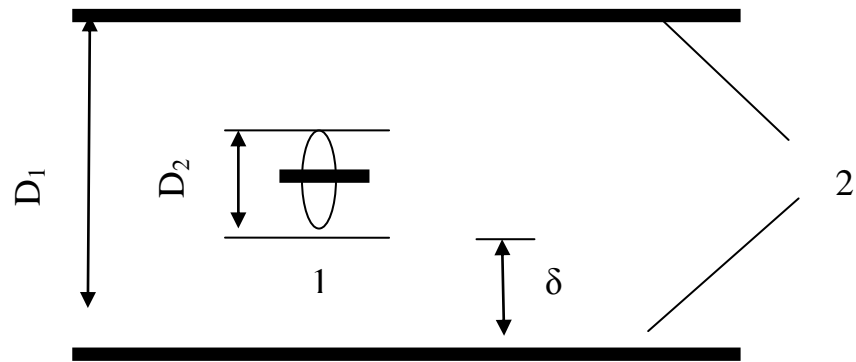
При этом расстояние от конца иглы до осадительного электрода рассчитывается по формуле:

$$\delta = D_1/2 - D_2/2. \quad (5)$$

Схема расположения электродов представлена на рисунке 5.7.

Для трубчатых электрофильтров D_1 и D_2 – это соответственно внутренний диаметр осадительного электрода и диаметр коронирующего электрода, а δ – расстояние от поверхности коронирующего электрода до внутренней поверхности осадительного электрода.

Если действительная величина разности потенциалов неизвестна, то расчет напряженности поля ведется по максимально возможному напряжению ($U = 50$ кВ).



1 – ленточно-игольчатый или зубчатый коронирующий электрод; 2 – осадительные электроды

Рисунок 5.7 - Схема расположения электродов

5. Расчет коэффициента, учитывающего температуру газа, абсолютное давление в электрофильтре и медианный диаметр частиц:

$$k = 0,55 \cdot 10^{-4} \cdot T \cdot [(1/p + 10/E)/d_m], \quad (6)$$

где T – температура газа, К;

p – абсолютное давление в электрофильтре ($p = 98325$ Па);

d_m – медианный диаметр частиц улавливаемой пыли, м.

6. Вычисление параметра, зависящего от соотношения электрических и аэродинамических сил:

$$\beta = (\epsilon_0 \cdot E^2 \cdot d_m \cdot l) / (v \cdot k_p \cdot \mu \cdot \delta'), \quad (7)$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м);

l – активная длина электрофильтра, м;

k_p – коэффициент равномерности газового потока ($k_p = 0,93$);

μ – динамическая вязкость газа, Па·с;

δ' – расстояние между коронирующим и осадительным электродами, м.

При этом расстояние между коронирующим и осадительным электродами соответствует величине, равной половине шага между осадительными электродами.

Активная длина электрофильтра рассчитывается следующим образом:

$$l = l_{\text{поля}} \cdot n, \quad (8)$$

где $l_{\text{поля}}$ – активная длина поля, м;

n – количество полей.

Для электрофильтров типа ЭГА активная длина поля вычисляется по формуле:

$$l_{\text{поля}} = l' \cdot n', \quad (9)$$

где l' – ширина элемента осадительного электрода ($l' = 0,64$ м);

n' – количество элементов в электроде.

7. Расчет эффективности очистки, %:

$$\eta = [1 - \exp(-K_y \cdot A \cdot \beta^{0,42})] \cdot 100, \quad (8.10)$$

где A – безразмерный параметр, величина которого зависит от соотношения площадей активной и неактивной зон электрофилт-ра.

Величина конструктивного параметра A принимается по дан-ным таблиц 5.1 и 5.2, составленных для значений относительных площадей $f_{отн} = 0,9$ и $f_{отн} = 1$ соответственно, исходя из значения коэффициента k , найденного по формуле (8.6) и округленного (в сторону увеличения) до значения, имеющегося в таблицах, и сред-него квадратичного отклонения функции распределения частиц пыли $\sigma_{ч}$.

Таблица 5.1 - Значения параметра A для конструкций электро-фильтров с $f_{отн} = 0,9$

$\sigma_{ч} / k$	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,50	3,0	3,50	4,0	4,50	5,0
0	1,970	1,824	1,710	1,605	1,514	1,330	1,200	1,078	0,986	0,900	0,843
0,05	2,080	1,970	1,850	1,730	1,660	1,480	1,366	1,280	1,206	1,150	1,114
0,10	2,160	2,060	1,970	1,865	1,774	1,620	1,520	1,450	1,394	1,360	1,329
0,15	2,235	2,140	2,055	1,970	1,870	1,745	1,635	1,585	1,542	1,485	1,475
0,20	2,299	2,210	2,129	2,078	1,990	1,885	1,800	1,730	1,663	1,625	1,586
0,25	2,340	2,265	2,185	2,125	2,055	1,950	1,878	1,825	1,750	1,715	1,690
0,30	2,370	2,305	2,230	2,185	2,120	2,025	1,965	1,910	1,850	1,825	1,800
0,35	2,400	2,340	2,275	2,225	2,185	2,095	2,045	1,990	1,940	1,905	1,880
0,40	2,425	2,374	2,315	2,260	2,234	2,170	2,120	2,050	2,020	1,975	1,946
0,50	2,465	2,420	2,370	2,325	2,300	2,250	2,200	2,160	2,130	2,090	2,060
0,60	2,495	2,450	2,415	2,385	2,360	2,290	2,260	2,240	2,210	2,190	2,160
0,70	2,515	2,487	2,450	2,420	2,330	2,330	2,290	2,260	2,230	2,196	2,170
0,80	2,530	2,516	2,480	2,445	2,416	2,370	2,313	2,270	2,243	2,200	2,177

Таблица 5.2 - Значения параметра A для конструкций электро-фильтров с $f_{отн} = 1$

$\sigma_{ч} / k$	1,0	1,10	1,25	1,35	1,50	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0
0	3,625	3,450	3,275	3,100	2,920	2,650	2,400	2,200	1,950	1,690
0,05	3,898	3,710	3,556	3,400	3,225	2,950	2,744	2,620	2,430	2,200
0,10	4,125	3,985	3,810	3,625	3,475	3,250	3,086	2,915	2,800	2,541
0,15	4,340	4,185	4,025	3,835	3,690	3,470	3,300	3,140	3,030	2,900
0,20	4,451	4,375	4,210	4,040	3,880	3,690	3,486	3,350	3,225	3,023
0,25	4,695	4,435	4,375	4,200	4,040	3,865	3,670	3,555	3,430	3,240
0,30	4,820	4,690	4,540	4,380	4,205	4,035	3,870	3,725	3,515	3,435
0,35	4,960	4,825	4,670	4,500	4,345	4,195	4,025	3,895	3,790	3,610
0,40	5,070	4,945	4,790	4,635	4,480	4,340	4,180	4,050	3,933	3,741

$\sigma_{\text{ч}}/k$	1,0	1,10	1,25	1,35	1,50	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0
0,45	5,140	5,040	4,900	4,750	4,590	4,470	4,325	4,195	4,055	3,880
0,50	5,215	5,120	4,975	4,840	4,685	4,595	4,440	4,320	4,215	4,000
0,55	5,270	5,190	5,055	4,935	4,805	4,700	4,560	4,445	4,325	4,125
0,60	5,315	5,240	5,125	5,005	4,890	4,790	4,665	4,540	4,430	4,225
0,65	5,365	5,290	5,180	5,070	4,955	4,865	4,750	4,630	4,525	4,330
0,70	5,410	5,330	5,230	5,125	5,020	4,930	4,815	4,700	4,610	4,420
0,75	5,450	5,365	5,270	5,180	5,075	4,970	4,880	4,760	4,660	4,500
0,80	5,475	5,400	5,300	5,220	5,120	5,000	4,910	4,780	4,690	4,560

Для электрофильтров марок ЭГА, ЭГТ и подобных им горизонтальных конструкций $f_{\text{отн}} = 0,9$; для вертикальных электрофильтров типа УВ, трубчатых вертикальных электрофильтров с незначительными зазорами между внешней поверхностью осадительных электродов и корпусом $f_{\text{отн}} = 1$.

Задание: Рассчитать эффективность очистки газового потока от пыли в сухом пластинчатом электрофильтре. Динамическая вязкость газа $\mu = 19 \cdot 10^{-6}$ Па·с. Технические характеристики электрофильтров представлены в таблицах 5.3 и 5.4.

№ варианта	Тип электрофильтра	Расход газов Q , м ³ /ч	Исходная запыленность $C_{\text{вх}}$, г/м ³	Температура газа T , °С	Медианный диаметр частиц улавливаемой пыли d_m , мкм	Среднее квадратичное отклонение функции распределения частиц пыли по размерам $\sigma_{\text{ч}}$
1	ЭГ2-2-4-37 СРК	8200	15	160	1,8	0,19
2	ЭГА1-10-6-4-2-330-5	8200	5	150	2,1	0,18
3	УГ1-3-15	8200	15	180	1,6	0,27
4	УГ2-3-37	8200	10	170	1,3	0,31
5	ЭГТ2-3-2,5-60	19000	15	200	2,8	0,41
6	УВ2×10	8200	40	120	1,5	0,17
7	ЭГТ2-4-2,5-40	12900	25	260	2,1	0,32
8	УВ3×24	30000	15	130	2,9	0,18
9	ЭГА1-20-7,5-6-3-330-5	9200	20	150	2,6	0,28
10	ЭГА1-14-7,5-4-3-330-5	9200	30	190	3,0	0,42
11	ЭГ2-2-4-37 СРК	7200	5	160	1,5	0,15
12	ЭГА1-10-6-4-2-330-5	7200	15	150	2	0,15
13	УГ1-3-15	7200	20	180	1,4	0,27
14	УГ2-3-37	7200	30	170	1,8	0,15
15	ЭГТ2-3-2,5-60	18000	25	200	2,1	0,19
16	УВ2×10	7200	10	120	1,7	0,15
17	ЭГТ2-4-2,5-40	14400	35	260	2,2	0,39
18	УВ3×24	32400	18	130	2,5	0,19
19	ЭГА1-20-7,5-6-3-330-5	7200	40	150	1,9	0,38
20	ЭГА1-14-7,5-4-3-330-5	7200	32	190	1,6	0,28

Таблица 5.3 - Технические характеристики электрофильтров

Тип электро-фильтра	Площадь активно-го сече-ния f , м ²	Интервал между реге-нерациями τ , мин	Площадь осаждения $F_{ос}$, м ²	Высота элек-тродов h , м	Межэ-лектрод-ный проме-жуток D_l , мм	Активная длина поля $l_{поля}$, м	Количество электриче-ских полей по длине электро-фильтра n
ЭГ2-2-4-37 СРК	37	120	2256	7,2	300	4	2
УГ1-3-15	15	240	940	4	275	2,51	3
УГ2-3-37	37	240	2360	7,5	275	2,51	3
ЭГТ2-3-2,5-60	60	30	4343	8	260	2,5	3
УВ2×10	21,6	30	1200	7,4	275	7,4	1
ЭГТ2-4-2,5-40	40	40	3860	8	260	2,5	4
УВ3×24	72	30	3960	7,4	275	7,4	1

Таблица 5.4 - Технические характеристики электрофильтров типа ЭГА

Тип электро-фильтра	Площадь активно-го сече-ния f , м ²	Интервал между реге-нерациями τ , мин	Площадь осажде-ния $F_{ос}$, м ²	Высота электро-додов h , м	Межэлек-тродный промежуток D_l , мм	Количество элементов в осадитель-ном элек-троде n'	Количество электриче-ских полей по длине электро-фильтра n
ЭГА1-10-6-4-2-330-5	16,5	8	634	6	300	4	2
ЭГА1-20-7,5-6-3-330-5	41	18	3549	7,5	300	6	3
ЭГА1-14-7,5-4-3-330-5	28,7	12	1656	7,5	300	4	3

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сущность процесса электрической очистки газов.
2. Преимущества и недостатки электрической очистки газов.
3. Устройство электрофильтра.
4. Классификация электрофильтров.
5. Основные конструкции сухих пластинчатых электрофильтров.
6. Методика расчета эффективности пылеулавливания в сухом электрофильтре.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

1. Изучите требования и конструкцию основных коронирующих и осадительных электродов.

2. Изобразите конструкцию коронирующих и осадительных электродов, использующихся в рассчитанном электрофильтре.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Техника и технология защиты воздушной среды [Текст]: учебное пособие для вузов / В.В. Юшин, В.М. Попов, П.П. Кукин и др. - М.: Высш. шк., 2008. - 391 с.

2. Алиев, Г.М.-А. Устройство и обслуживание газоочистных и пылеулавливающих установок [Текст]: учебник / Г.М.-А. Алиев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Metallurgia, 1988. - 368 с.

3. Вальдберг, А.Ю. Технология пылеулавливания [Текст]: справочник / Вальдберг, А.Ю., Исянов Л.М., Тарат Э.Я. - Л.: Машиностроение, 1985. - 192 с.

4. Русанов, А.А. Справочник по пыле- и золоулавливанию [Текст]: справочник / Русанов, А.А.; под ред. А.А. Русанова. - М.: Энергия, 1982. - 296 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

РАСЧЕТ АДСОРБЦИОННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Цель занятия: изучить конструкции и методику расчета адсорберов для очистки сточных вод..

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Аппаратурное оформление адсорбционной очистки сточных вод активными углями включает комплекс оборудования и его обвязки, обеспечивающий в общем случае следующие технологические операции:

- а) подачу сточных вод в адсорбер;
- б) контакт сточных вод с адсорбентом в адсорбере;
- в) отделение очищенной воды от адсорбента и вывод ее из адсорбционной аппаратуры;
- г) вывод отработанного адсорбента из адсорбера с утилизацией или регенерацией его;
- е) загрузку в адсорбер чистого адсорбента.

Выбор конструкции адсорберов прежде всего обусловлен дисперсным составом адсорбента, который принимается с учетом дефицитности, его стоимости и возможности регенерации.

В зависимости от дисперсного состава адсорбента принципиальные конструкции адсорберов можно подразделить на следующие типы:

I - адсорбер с неподвижной или движущейся загрузкой, через которую водный поток фильтруется или нисходящим потоком со скоростью до 20 м/ч, или восходящим - со скоростью до 12 м/ч, применяется для фракции 0,8 - 5 мм;

II - адсорбер с псевдоожиженной загрузкой, расширение слоя которого осуществляется не менее чем на 50 % восходящим потоком воды со скоростью 10-40 м/ч, применяется для фракций 0,25 - 2,5 мм;

III - адсорберы-смесители применяются для фракций 0,05 - 0,5 мм;

IV - патронные адсорберы с фильтрованием воды со скоростью 1 - 12 м/ч через слой адсорбента толщиной 0,5 - 2 см, применяются для фракций 0,02 - 0,1 мм.

Адсорберы I типа могут применяться для очистки любых объемов сточных вод самого широкого спектра концентраций и химического строения извлекаемых примесей.

Если исчерпание емкости адсорбента происходит на коротком слое загрузки (за счет высокой эффективности адсорбции или малой концентрации адсорбата), и процесс можно прервать на период смены загрузки или ее регенерации, то вся высота загрузки, используемая для адсорбции, размещается в одном адсорбере.

Если требуемая высота загрузки больше размеров одного адсорбера или процесс не может прерываться, то используются несколько последовательно работающих адсорберов, или порционный (дискретный или непрерывный) вывод из адсорбера отработанного адсорбента.

В тех случаях, когда расход воды превышает допустимый для одного адсорбера или требуемую степень очистки можно обеспечить за счет смешения потоков, поступающих из адсорберов с разной эффективностью работы, устанавливают параллельно работающие адсорберы.

Адсорберы II типа наиболее целесообразно применять для очистки небольших объемов сточных вод с хорошо сорбируемыми загрязнениями.

Адсорберы III типа эффективно использовать для очистки небольших объемов высококонцентрированных сточных вод, а адсорберы четвертого типа для очистки небольших объемов низкоконцентрированных сточных вод (5-10 мг/л извлекаемых примесей).

Адсорберы с неподвижной гранулированной загрузкой выполняются в виде металлических колонн или бетонных резервуаров.

Промышленное изготовление таких колонных адсорберов в настоящее время ограничено. Возможно применение сорбционных угольных фильтров, предназначенных для глубокой очистки конденсата от нефтепродуктов на ТЭЦ, для обработки любой сточной воды активными углями при условии предварительного удаления из воды грубодисперсных примесей.

Фильтры сорбционные угольные вертикальные (ФСУ-2,0-6; ФСУ-2, 6-6; ФСУ-3, 0-6 и ФСУ-3, 4-6) представляют собой однокамерные цилиндрические аппараты из листовой стали с приваренными эллиптическими штампованными днищами. К нижнему днищу приварены три опоры для установки фильтра на фундамент. В центре верхнего и нижнего днища приварены патрубки для подвода и отвода сточной воды. К ним снаружи присоединяются трубопро-

воды, расположенные по фронту фильтра, а внутри - распределительные устройства, состоящие из вертикальных коллекторов, соединенных с радиально расположенными перфорированными трубами.

Корпус угольного фильтра снабжен двумя лазами - верхним эллиптическим размером 420x320 мм и нижним круглым диаметром 600 мм. На уровне нижнего распределительного устройства к корпусу фильтра приварен штуцер для гидравлической выгрузки отработанного угля. При общей высоте фильтра 5 - 5,7 м высота загрузки составляет 2,5 м.

Ввиду дефицитности угольных фильтров в качестве адсорберов может использоваться и промышленное оборудование, изготавливаемое для фильтрования воды через другие загрузки, например фильтры ионообменные.

Все указанные фильтры рассчитаны на подачу воды под напором до 0,6 МПа, но могут работать и в безнапорном режиме. Корпус и трубопроводы фильтров изготавливаются из углеродистой стали, их внутренние поверхности подлежат защите коррозионностойкими покрытиями, распределительные устройства изготавливаются из нержавеющей стали и полиэтилена.

В комплект поставки входят: корпус фильтра, верхнее и нижнее распределительные устройства, трубопроводы и арматура в пределах фронта фильтра, пробоотборное устройство, манометры с трехходовыми кранами и сифонными трубками, крепежные и прокладочные материалы.

В тех случаях, когда производительность адсорберов с плотным слоем загрузки превышает 120 - 200 м³/ч, а также при отсутствии промышленных адсорберов, они изготавливаются в индивидуальном порядке в виде металлических колонн напорного и безнапорного типа или в виде открытых бетонных резервуаров.

В резервуарных адсорберах гранулированный адсорбент укладывается или на беспровальную решетку с колпачковыми дренажными устройствами, или на слой гравия и мелкого щебня высотой 0,4 - 0,5 м. Трубчатая система подачи сточной воды устанавливается в слое гравия и представляет собой набор кольцевых или радиальных трубопроводов с отверстиями, направленными к нижней части адсорбера.

В резервуарных адсорберах сбор очищенной воды осуществляется системой открытых лотков или перфорированных трубопро-

водов. Выгрузка отработанного угля ведется гидроэлеватором или через придонное отверстие при расширении загрузки восходящим потоком воды. Загрузка свежим активным углем обеспечивается гидроэлеватором.

Подача воды в колонны осуществляется равномерно по сечению адсорбера с помощью распределительной системы, сбор очищенной воды - открытыми лотками или трубчатой системой. Впуски и выпуски воды могут быть оформлены также и в виде решетчатых патрубков, равномерно рассредоточенных по сечению колонны в верхней и нижней ее части. Патрубки выполняются из нержавеющей стали с отверстиями 0,5 мм, поверхность их покрыта сеткой из не-ржавеющего материала. Подающие и сборные патрубки устанавливаются таким образом, чтобы площадь адсорбера между патрубками и наружными стенками составляла половину поперечного сечения адсорбера. В напорных колонных адсорберах вверху необходимо предусмотреть устройство для регулирования давления в колонне. В противном случае возможно разрушение адсорбера при его опорожнении и образование воздушных пробок в загрузке адсорбера при его наполнении.

Перегрузка адсорберов может выполняться с помощью воздушного или водного потоков, но в первом случае наблюдается большая эрозия труб и арматуры, а также срыв вакуума. Поэтому чаще применяется гидротранспорт угля по трубопроводам уклоном $0,02 - 0,1^\circ$, диаметром не менее 50 мм при скорости угольной пульпы 0,8 - 1 м/с и отношении твердой части к жидкой в пульпе по массе Т: Ж не менее 1 : 8.

Перед загрузкой в адсорбер уголь замачивается горячей водой в течение 5 ч или холодной водой в течение 20 - 24 ч при постоянном перемешивании.

Адсорберы с движущейся плотной или ожиженной не более чем на 10 % загрузкой выполняются в виде колонных аппаратов, дополнительно оборудованных устройствами для непрерывной подачи сверху замоченного и отмытого от мелкой фракции адсорбента, находящегося в верхней части адсорбера, и для вывода отработанного адсорбента из нижней зоны адсорбера. Сточная вода при этом подается через распределительное устройство под загрузкой и собирается сборным устройством над загрузкой угля. Кроме того, адсорбер оборудуется устройством, обеспечивающим равномерность перемещения толщи угольной загрузки по поперечному се-

чению аппарата.

Наиболее надежными адсорберами второго типа с псевдооживленным слоем угольной загрузки являются цилиндрические металлические колонны, разделенные по высоте беспровальными решетками, оборудованными переточными устройствами. Очищаемая сточная вода подается в нижнюю часть аппарата по трубчатой системе большого сопротивления, уложенной в слое гравия, очищенная вода отводится через кольцевое сборное устройство в верхней части адсорбера. Активированный уголь в сухом виде непрерывно дозируется с помощью вакуумной системы через шлюзовой питатель в загрузочное устройство, где происходит его замачивание и перемещение в адсорбер.

Выгрузка отработанного угля осуществляется эрлифтом, нижний конец которого установлен вблизи гравийных поддерживающих слоев. Угольная загрузка, заключенная в каждой секции между беспровальными решетками, расширяется восходящим потоком воды в 1,5 - 1,75 раза по сравнению с высотой того же объема загрузки в неподвижном состоянии. Режим перетока сорбента с верхних решеток на нижние задается на основе расчета необходимой дозы сорбента и расхода сточных вод.

В адсорберах с псевдооживленным слоем нет необходимости отмывать загружаемый уголь от пылевидной фракции, так как она выносится из адсорбера вместе с очищенной водой. После адсорберов с псевдооживленным слоем обязательно устанавливается фильтр для осветления воды. В настоящее время в химической технологии разработано и применяется большое число мешалочных аппаратов и патронных фильтров, которые могут быть использованы как адсорберы III и IV типов. Для перемешивания сточных вод с активным углем рекомендуется использовать лопастные, турбинные или пропеллерные мешалки в аппаратах, изготавливаемых отечественной промышленностью.

Адсорберы IV типа - патронные фильтры широко используются в химической технологии, например в ионообменной технологии для очистки низкосолевых водных растворов. Практически все промышленные аппараты этого типа могут быть использованы для адсорбционной очистки, но специфика физических характеристик сорбента требует и специфических технологических параметров эксплуатации.

В настоящее время в промышленной практике адсорбции за-

грязнений из малоконцентрированной по органическим загрязнениям воды на мелкодисперсных активных углях КАД и БАУ могут применяться патронные фильтры, площадь фильтрации 248 патронов составляет 80 м^2 . Патроны выполнены из витой проволоки, для намыва на них угольного порошка фракции 40 – 30 мкм, они предварительно покрываются двойной капроновой сеткой производства Рахмановской шелкопрядильной фабрики. Продолжительность фильтроцикла в зависимости от состава очищаемой воды обусловлена либо потерями напора, либо проскоком недопустимой концентрации растворенных загрязнений.

Для проектирования адсорберов должны быть известны следующие параметры: размеры адсорберов, объем и масса загрузки адсорбента, режим смены загрузки, количество и технологическая схема обвязки адсорберов, тип и количество используемой арматуры.

При расчете адсорберов необходимы следующие исходные параметры: расход сточных вод; начальная концентрация загрязнений; концентрация загрязнений в очищенной воде; изотерма адсорбции; скорость фильтрования сточной воды через загрузку или скорость движения сточной воды через поперечные сечения адсорбера; объем адсорбента, единовременно выгружаемого из адсорбционной установки; ориентировочная продолжительность периода работы адсорбента до проскока и соответственно замены отработанного адсорбента чистым; требуемая степень отработки; кажущаяся и насыпная плотность адсорбента.

В том случае, когда физико-химический состав загрязнений в сточной воде неизвестен, например, в многокомпонентной сточной воде после биохимической очистки, в расчете концентраций адсорбата может использоваться обобщенный показатель, в частности ХПК, ВПК, органический углерод.

Расчет размеров адсорберов начинают с определения общей площади адсорбционной установки, используя СНиП 2.04.03 - 85, а затем, выбрав конструкцию и площадь поперечного сечения одного адсорбера, рассчитывают минимально необходимое число параллельно работающих адсорберов.

Наиболее точный расчет высоты загрузки адсорбента в адсорберах и режима ее замены выполняется по результатам работы модели адсорбера выбранной конструкции на данной или аналогичной сточной воде. В режиме, соответствующем реальному, т. е. при

сохранении продолжительности контакта и объемной нагрузки сточной воды на адсорбент (скорости фильтрования), определяют продолжительность работы адсорбера до проскока минимально допустимой концентрации и до полного исчерпания емкости адсорбента.

На основе указанных опытных данных для адсорберов с плотным слоем загрузки строят выходную кривую. Выходная кривая представляется в виде графика в системе координат: концентрация адсорбата в жидкой фазе C_1 - на оси ординат и время t - на оси абсцисс. Она характеризует изменение концентрации в очищаемой воде в каком-либо сечении адсорбционной колонны в процессе адсорбции. Выходная кривая начинается с момента появления минимальной проскоковой концентрации и заканчивается моментом появления максимальной концентрации адсорбата в воде.

По данным экспериментальной выходной кривой определяется длина зоны массопередачи H_M , заключенной между слоями чистого и отработанного адсорбента:

$$H_M = H_{tot} \frac{t_{2 ads} - t_{1 ads}}{t_{1 ads} + \xi(t_{2 ads} - t_{1 ads})}. \quad (1)$$

С увеличением скорости водного потока v длина зоны массопередачи увеличивается, но для многокомпонентной сточной воды - менее чем в пропорциональном отношении, в частности при доочистке биохимически очищенных сточных вод:

$$H_{M1}/H_{M2} = 0,6 - 0,7 \text{ от } v_1/v_2. \quad (2)$$

Длина зоны массопередачи должна быть меньше общей высоты загрузки на резервную высоту слоя, обеспечивающего очистку сточных вод в период смены отработанного адсорбента, и на высоту слоя отработанного адсорбента. Резервную высоту загрузки определяют по двум выходным кривым на высоте H_A и H_B

$$H_3 = u_n \tau = \frac{(H_A - H_B)\tau}{t_A - t_B}, \quad (3)$$

где u_n - фактическая скорость водного потока, равная v/ε (ε - порозность загрузки).

Для расчета продолжительности работы адсорберов до смены адсорбента используют данные выходной кривой по объему жидкости, обработанной определенным объемом загрузки до обеспечения требуемого исчерпания емкости:

$$t_{ads} = \frac{W_b^t W_b^p}{q_w W_{sb}}. \quad (4)$$

Для расчета массы адсорбента следует пользоваться величиной кажущейся плотности (следует учитывать, что насыпная плотность активных углей характеризует массу образца адсорбента, занимающего определенный объем, включая воздушные прослойки между частицами угля и внутри его пор, и составляет 0,25 - 0,6 г/см³). В отличие от насыпной, кажущаяся плотность активных углей включает только массу частиц с внутренними порами. При заполнении внутренних пор частиц воздухом эта величина равна 0,4 - 0,9 г/см³. При заполнении внутренних пор водой кажущаяся плотность равна 1,2 - 1,5 г/см³, поэтому в плотном слое мокрого гранулированного угля возможно создавать восходящий поток воды со скоростью 8 -12 м/ч без всплывания частиц угля. Истинная плотность углеродного скелета активного угля равна 1,9 -2 г/см³. Следует учитывать и повышение плотности углей в процессе накопления на их поверхности молекул адсорбата.

Потери адсорбента при перегрузке зависят от его прочности, которая для активных углей в зависимости от исходного сырья и технологии активации находится в пределах 60 - 90%. В частности, прочность менее 75 % приводит к потерям на истирание более 15 %, поэтому эти угли рекомендуются к одноразовому употреблению.

Этот расчет для условия полного исчерпания емкости адсорбента при извлечении одного компонента при известных характеристиках адсорбата и адсорбента ведется по формуле:

$$D_{sb}^{min} = \frac{0,47\gamma C_{en}^{0,667} C_s^{0,178}}{K_p^{0,142} a_a^{0,991}}; \quad K_p = e^{-\Delta F^0/RT}; \quad \gamma = \frac{V_M}{0,99}, \quad (5)$$

где V_M - молярный объем сорбата, дм³/моль.

Во всех остальных случаях (многокомпонентный состав загрязнений, отсутствие характеристик адсорбата и адсорбента и пр.) используется формула из СНиП 2.04.03–85:

$$D_{sb}^{min} = (C_{en} - C_{ex})/K_{sb} a_{sb}^{min}. \quad (6)$$

Изотерму адсорбции, выражающую связь между концентрацией адсорбата в воде (C_e , мг/л) и максимальной адсорбционной емкостью (a_{sb}^{max} , мг/л), описывают уравнениями. При начальной концентрации сточной воды до 100 мг/л ХПК можно использовать изотерму Генри:

$$a_{sb}^{min} = \Gamma C_{ex}; \quad a_{sb}^{max} = \Gamma C_{en}. \quad (7)$$

При больших концентрациях обычно используют изотерму Фрейндлиха:

$$a_{sb}^{min} = f C_{ex}^{1/n}; a_{sb}^{max} = f C_{en}^{max} = f C_{en}^{1/n}. \quad (8)$$

Адсорбция индивидуального вещества из воды при условии заполнения поверхности монослоем может быть описана уравнением Лэнгмюра:

$$a_{sb}^{min} = a_{sb}^{max} b C_{ex} / (1 + b C_{ex}) \quad (9)$$

Для адсорбции ограничено растворимого вещества с размером молекулы, близким размеру пор адсорбента из однокомпонентного раствора, может быть использовано уравнение

$$\lg a_{sb}^{min} = \lg \frac{W}{\vartheta_a} - 2,3 \frac{BT^2}{\beta^2} \left(\lg \frac{C_s}{C_{ex}} \right)^2 \quad (10)$$

Определив коэффициенты по опытным точкам, вычисляют величины a_{sb}^{max} и a_{sb}^{min} задавшись C_{ex} и C_{en} и по ним определяют дозы адсорбента, которые в статических условиях обеспечивают очистку воды до требуемого качества (до проскока) и до качества воды, соответствующего заданному исчерпанию емкости адсорбента. На основе расчетных доз, задавшись ориентировочной продолжительностью работы адсорбционной установки до перегрузки адсорбера, рассчитывают высоту адсорбционной загрузки, обеспечивающей очистку воды до проскока H_2 и высоту загрузки, которая за тот же период должна исчерпать емкость H_1 :

$$H_1 = \frac{D_{sb}^{min} q_w t_{ads}}{F_{ads} \gamma_{sb}^{nac}}, \quad H_2 = \frac{D_{sb}^{max} q_w t_{ads}}{F_{ads} \gamma_{sb}^{nac}}. \quad (11)$$

Уточняется величина H_i с учетом условий замены отработанного адсорбента чистым, т. е., например, для неподвижного плотного слоя загрузка H принимается равной высоте загрузки в одном аппарате.

Общая высота загрузки адсорбента принимается не менее чем

$$H_{tot} = H_1 + H_2 + H_3. \quad (12)$$

Ввиду того, что условия исчерпания емкости адсорбента в динамическом (проточном) режиме отличаются от принятых для ориентировочного расчета статических (контактных) условий, необходимо уточнить продолжительность работы загрузки адсорбционной установки до проскока по формуле

$$t_{ads} = \frac{2 C_{ex} (H_{tot} - H_1) \varepsilon (C_{en} + a_{sb}^{max})}{\vartheta C_{en}^2}, \quad (13)$$

$$\varepsilon = 1 \frac{\gamma_{sb}^{нац}}{\gamma_{sb}^{каж}}. \quad (14)$$

При отсутствии справочных данных в расчете адсорберов с активных углем ε принимается равным 0,5. В условиях адсорбционной очистки воды от одного компонента при $Re > 4$ расчет продолжительности работы адсорбера до появления на выходе из слоя проскоковой концентрации проводится по формуле

$$t_{ads} = \frac{\gamma_{sb}^{нац}}{D_{sb}^{max, \vartheta}} \left\{ H_{tot} - \frac{\vartheta}{\beta} \left[\frac{1}{P} \ln \left(\frac{C_{en}}{C_{ex}} - 1 \right) + \ln \left(1 - \frac{C_{ex}}{C_H} \right) + 1 \right] \right\}. \quad (15)$$

Расчет при $Re < 4$ проводится по формуле

$$t_{ads} = \frac{\gamma_{sb}^{нац}}{D_{sb}^{нац, \vartheta}} \left\{ H_{tot} - \frac{\vartheta}{\beta} \left[\frac{1}{P} \ln \left(\frac{C_{en}}{C_{ex}} - 1 \right) + \ln \left(1 - \frac{C_{ex}}{C_H} \right) + 1 \right] \right\}. \quad (16)$$

Формулы для определения коэффициентов массоотдачи имеют вид:

$$\beta = 1,24 (D_M / \varepsilon d_{sb}^2) Re^{0,568} Pr^{0,333}; \quad (0,2 < Re^2 < 1); \quad (17)$$

$$\beta = 1,12 (D_M / \varepsilon d_{sb}^2) Re^{0,418} Pr^{0,333}; \quad (1 < Re < 4). \quad (18)$$

Добиться уменьшения объема угля в адсорбционной установке, не снизив эффект очистки, можно, обеспечив непрерывный или дискретный вывод из адсорбера порций отработанного адсорбента и одновременную подачу в него порций чистого адсорбента. Такой процесс может быть осуществлен в адсорберах с движущимся слоем загрузки. Скорость движения загрузки должна быть равна скорости перемещения контролируемой концентрации адсорбата по слою загрузки при условии его неподвижности. В практике очистки сточных вод эта скорость находится в пределах 1 - 20 см/ч.

Для расчета скорости перемещения по неожиженому слою адсорбента заданной концентрации загрязнений сточных вод, находящейся в пределах 20 - 80 % начальной, используется формула

$$u = \vartheta C_{en} / [\varepsilon (C_{en} + a_{sb}^{max})]. \quad (19)$$

В условиях адсорбционной обработки многокомпонентной сточной воды граница истощения емкости сорбента перемещается медленнее границы проскоковой концентрации, поэтому режим выгрузки отработанного сорбента должен периодически корректироваться.

В адсорберах с псевдооживленным углем для расчета используются формулы:

- для двухсекционного аппарата

$$\frac{C_{ex}}{D_{sb}^2 q_w} q_{sb}^2 + \frac{C_{ex}}{D_{sb}^{max}} q_{sb} - q(C_{en} - C_{ex}) = 0; \quad (20)$$

- для трехсекционного аппарата

$$\frac{C_{ex}}{D_{sb}^3 q_{sb}^2} q_{sb}^3 + \frac{C_{ex}}{D_{sb}^2 q_w} q^2 + \frac{C_{ex}}{D_{sb}} b_{sb} - q_w(C_{en} - C_{ex}) = 0; \quad (21)$$

$$0,64^{4,762} = 18Re + 0,3Re^2, \quad (22)$$

где $Re = vd_{sb}/\nu$ - число Рейнольдса, $Re=2,57$.

Преобразуя число Рейнольдса, определим скорость потока ϑ , м/ч:

$$\vartheta = \frac{Re v}{d_{sb}} = \frac{2,57 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 5,14 \cdot 10^{-3} = 18,5. \quad (23)$$

Таким образом, для обеспечения полуторакратного расширения псевдооживленного слоя активного угля с размером частиц $0,5 \cdot 10^{-3}$ (0,5 мм) скорость потока должна быть равна 18,5 м/ч.

При диаметре адсорбера 3 м его производительность равна, м³/ч:

$$q_w = \frac{\pi D^2}{4} \vartheta = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} 18,5 = 131. \quad (24)$$

Следовательно, для обеспечения очистки 400 м³/ч сточной воды необходимо три адсорбционных аппарата.

Часовой расход равен $(51,4/10)131 = 673$ кг/ч. Перепад давления в псевдооживленном слое активного угля определяем по формуле, Н/м²:

$$\Delta P = g(\rho_u - \rho)(1 - P_i)(1 - \varepsilon_n)L_n = 9,81(1900 - 1000)(1 - 0,5)(1 - 0,6)4,5 = 7946$$

Для расчета адсорбционной аппаратуры в таблице 6.1 приводятся характеристики активных углей, выпускаемых отечественной промышленностью. В таблице 6.2 приведены инкременты стандартного уменьшения свободной энергии адсорбции из водных растворов некоторых структурных элементов и функциональных групп молекул органических веществ, часто встречающихся в сточных водах.

Таблица 6.1

Характеристика активированного угля	Марка активированного угля										
	ДАК	АГ-2	АГ-3	АГ-5	КАД-йодный	КАД-МОЛОТЫЙ	БАУ	АР	СКТ	ОУ-А Сухой щелочной	ОУ-Б Влажный кислый
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Основной размер зерен (более 90%), мм	1,0-3,6	1,0-3,5	1,5-2,5	1,0-1,5	1,0-1,5	0,04	1,0-3,6	3,5	1,5-2,7	порошок	порошок
pH водной вытяжки	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	6	8	4 - 6
Удельный объем пор, см ³ /г:			0,8-1		1,0-1,3		1,5-2,1	0,6-0,7			
- общий	1,45	0,6	0,41-	0,8-1,0	0,51-		1,19-	0,3-0,5	0,8-1,0	-	
- макропор (0.1-0.0004 мкм)	1,23	0,22	0,52	0,46	1,0		1,8	0,06-	0,27	-	1,8
- мезопор (0.0015-0.004 мкм)	0,04	0,05	0,12-	0,18	0,11-	0,09	0,08-	0,07	0,20	0,20	0,15
- микропор (менее 0.0015 мкм)	0,17	0,3	0,16	0,43-	0,15	0,11-	0,16	0,28-	0,51	0,26-	0,35
			0,32-	0,46	0,29-	0,23	0,23-	0,33		0,38	
			0,42		0,34						
Удельная поверхность мезопор, м ² /г	-	33	-	-	110	64	57	48	108	138	
Плотность, г/см ² :											
- кажущаяся	0,4-	0,8-			0,55-		0,4-0,5		-		
- истинная	0,5	0,9	0,8-0,9	0,8-0,9	0,65		1,8	1	-	-	-
- насыпная	1,8	2	2	2	2,1		0,21-	1,95	0,38-	-	-
	0,23	0,6	0,45	0,45	0,45		0,35	0,6	0,45	0,42	0,44
Структурные константы:	0,17	0,20	0,3	0,25-	0,23	0,12	0,22-	0,3	0,45-	-	-

Характеристика активированного угля	Марка активированного угля										
	ДАК	АГ-2	АГ-3	АГ-5	КАД-йодный	КАД-молотый	БАУ	АР	СКТ	ОУ-А Сухой щелочной	ОУ-Б Влажный кислый
- W_1 , см ³ /г - W_2 , см ³ /г - B_1 , 10 ⁶ , град ⁻² - B_2 , 10 ⁶ , град ⁻²	0,64	0,13 0,67 2,5	0,7-0,8	0,30 0,7-0,8 5	0,13 0,7	1,08	0,37 0,55- 0,7	0,7-0,8	0,56 0,6- 0,85	-	-
Влажность, %	10	5	5		10		10	15	8	-	-
Прочность на стирание, %	70	75	75	75	90	10	70	90	70	-	-
Оптовая цена, руб/т	790	750	660		485	400	1260- 1340	835- 1010	850	1010	1290

Таблица 6.2

Ароматические соединения		Алифатические соединения	
структурный элемент или функциональная группа	теплота адсорбции, КДж/моль	структурный элемент или функциональная группа	теплота адсорбции, КДж/моль
СН (в бензольном кольце)	3,53±0,02	- СН ₂ (в спиртах и карбоновых кислотах)	2,18±0,08
СН (в нафталиновом кольце)	2,35±0,02		
- СН ₃	0,85±0,08		
- СН	0,042±0,04	>С=С<	0,88±0,04
- NH ₂	1,05±0,02		
- Cl ₂	1,38±0,02	- ОН (при вторичном или третичном атоме)	0,25
- NO ₂	2,59±0,08	- ОН (при первичном атоме)	2,3±0,2
- SO ₃ H	-1,13±0,08		
- С ₄ H ₄	2,3	- ОН (при наличии в цепи аминного азота)	0,25
Пиралозоновое кольцо	0,84	Cl (алиф.)	5,0±0,25

Задание. Рассчитать адсорбционную установку с плотным неподвижным слоем угля для очистки многокомпонентной воды.

№ вар.	Производительность, м ³ /сут	C_{ex} , мг/л	C_{ex} , мг/л	Вид изотермы адсорбции	v , м/ч	$t_{адс.}^{op}$, ч	Угол	H_{cds} , м	k_{sb}	D , м
1	2000	510	40	$a_{sb}^{min} = 253C_{ex}^1$	5	15	АГ-3	2,5	0,7	3,5
2	3000	430	44	-//-	4	16	АГ-2	-//-	-//-	-//-
3	4000	530	41	-//-	5	19	АГ-5	-//-	-//-	-//-
4	5000	625	55	-//-	6	21	ДАК	-//-	-//-	-//-
5	6000	700	60	-//-	7	20	КАД	-//-	-//-	-//-
6	7000	510	51	-//-	5	18	БАУ	-//-	-//-	-//-
7	8000	750	65	-//-	6	20	АР	-//-	-//-	-//-
8	9000	335	25	-//-	7	22	СКТ	-//-	-//-	-//-
9	10000	650	50	-//-	10	24	ОУ-А	-//-	-//-	-//-
10	1000	670	55	-//-	11	26	ОУ-Б	-//-	-//-	-//-

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Технологические операции адсорбционной очистки сточных вод.
2. Особенности и основные характеристик адсорбера I–го типа.
3. Особенности и основные характеристик адсорбера II–го типа.
4. Особенности и основные характеристик адсорбера III–го типа.
5. Особенности и основные характеристик адсорбера IV–го типа.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

1. Изучить основные виды адсорбентов, применяемых для очистки сточных вод (кроме активированных углей).
2. Описать технологию изготовления одного из изученных адсорбентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник проектировщика: Канализация населенных мест и промышленных предприятий. - М.: Стройиздат, 1981. - 639с.
2. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / - М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2004. - 702 с.
3. Воронов Ю.В. Водоотведение. М.: Инфа.-М. 2007 Г.-415 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 РАСЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СБОРА

Цель работы: ознакомиться с понятием и особенностями применения экологического сбора, изучить порядок расчета и рассчитать экологический сбор.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В целях сохранения природы и ее ресурсов государством вводятся различные обязательные платежи. Один из них - экологический сбор.

В отечественном законодательстве экологический сбор появился с 1 января 2015 года. Основная его функция – стимулирование предпринимателей к самостоятельной утилизации. Вырученные денежные средства будут направляться государством на строительство и усовершенствование объектов, перерабатывающих отходы, полигонов для уничтожения вредных (опасных) отходов и на другие меры по охране природы.

Утилизация отходов — использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация)

В соответствии с законодательством экологический сбор не входит всистему налогов и сборов Российской Федерации (ст. ст. 13 - 15 НК РФ) и относится к неналоговым доходам федерального бюджета (п. 1 ст. 24.5 Федерального закона от 24.06.1998 N 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления").

Экологический сбор – это плата за невыполнение норматива утилизации отходов от использования производимых или импортируемых товаров и упаковки.

Суть экологического сбора состоит в том, что государство установило обязательные нормативы утилизации некоторых товаров и упаковки для организаций, производящих или импортирующих товар на территорию России. Сбор призван сократить количество захороненных отходов.

Существуют товары, которые необходимо утилизировать после того, как они утратили свои потребительские свойства и превратились в отходы. Обеспечить утилизацию обязаны производители и импортеры

таких товаров. Эта норма закреплена в пункте 1 статьи 24.2 Закона N 89-ФЗ.

В теории производители и импортеры вправе выбрать один из двух вариантов. Первый вариант — провести утилизацию своими силами. Для этого нужно создать собственные объекты по сбору, обработке и утилизации отходов, либо привлечь специализированную организацию или предпринимателя. Допустимо также вступить в ассоциацию производителей и импортеров, и поручить утилизацию ей.

Второй вариант — не делать ничего вышеперечисленного, а вместо этого заплатить экологический сбор. Таким образом, экологический сбор, по сути, является платой за отказ заниматься утилизацией.

Нельзя путать экологический сбор с платой за негативное воздействие на окружающую среду. Несмотря на то, что названия схожи по смыслу, это два разных вида платежей, и для каждого установлен свой порядок уплаты.

Согласно пункту 7 статьи 24.2 и пункту 2 статьи 24.5 [ФЗ № 89-ФЗ](#) "Об отходах производства и потребления" экологический сбор обязаны платить производители и (или) импортеры товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, а также объединения (союзы) производителей и импортеров товаров.

Экосбор для товаров в упаковке, не являющихся готовыми к употреблению изделиями, уплачивается только в отношении самой упаковки.

РАСЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СБОРА

Расчет экологического сбора - процедура по исчислению и уплаты неналогового платежа, которая осуществляется производителями, импортерами товаров (включая упаковку), подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, по каждой группе товаров, подлежащих утилизации, для которой установлен норматив утилизации.

Сумму экологического сбора рассчитывают по формуле:

$$ЭС = С * М * Н_y (1)$$

где: ЭС— сумма экологического сбора, руб.; С – ставка экологического сбора, руб/т; М— масса готового товара или количество единиц подлежащего утилизации готового товара (в зависимости от вида товаров), выпущенного в обращение на территории России, либо масса упаковки, использованной для производства такого товара (объем), т; Н_y— норматив утилизации, %.

Ставки экологического сбора по каждой группе товаров, подлежащих утилизации после утраты потребительских свойств, установле-

ны Постановлением Правительства РФ от 09.04.2016 N 284 (приложение 7.А). Для ряда товаров, подлежащих утилизации, ставка на сегодняшний день равна нулю. Соответственно, и экологический сбор будет равен нулю, в этом случае ничего не нужно оплачивать. Законом предусмотрено постепенное увеличение ставок. Это дает предприятиям заранее подготовиться к уплате сбора или к принятию мер по утилизации.

Объем утилизируемых товаров компания рассчитывает самостоятельно. Если фирма частично утилизирует товары по правилам, установленным пунктом 8 Постановления Правительства РФ от 8 октября 2015 г. N 1073 "О порядке взимания экологического сбора", то в формулу, рассмотренную выше, включается только неутилизированный объем товаров. То есть если, например, организация из 1 т использованных газоразрядных ламп утилизировала 400 кг, то в расчет сбора включаются 600 кг изделий.

Норматив утилизации – это процент от объема товаров, выпущенных предприятием за год. Нормативы утверждены распоряжением Правительства РФ от 28.12.2017 N 2971-р «Об утверждении нормативов утилизации отходов от использования товаров на 2018-2020 годы» (приложение 7.Б).

ПОРЯДОК И СРОК УПЛАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СБОРА

Пунктом 2 ст. 24.5 Федерального закона № 89-ФЗ установлено, что экологический сбор уплачивается производителями, импортерами товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, по каждой группе товаров, для которых установлены нормативы утилизации, в срок до 15 апреля года, следующего за отчетным. Отчетным периодом является календарный год.

Оплату требуется осуществлять в территориальное управление (ТУ) Росприроднадзора по месту нахождения объекта. В случае если одно юридическое лицо одновременно является и производителем, и импортером товаров, отчетность представляется в центральный аппарат Росприроднадзора.

Форма расчета экологического сбора утверждена Приказ МПР РФ от 22 августа 2016 г. N 488. Порядок взимания экологического сбора утвержден Постановлением Правительства РФ от 08.10.2015 N 1073.

СПОСОБЫ ПОДАЧИ ОТЧЕТНОСТИ

В настоящее время в целях приема декларации, отчетности и расчетов в постоянную эксплуатацию вводится единая государственная информационная система учета отходов от использования товаров (ЕГИС УОИТ).

Заявители могут представлять отчетность одним из четырех способов:

- с помощью бесплатного средства подготовки отчетности природопользователя «Модуль природопользователя»;
- с помощью Личного кабинета природопользователя;
- с помощью иного программного обеспечения при соблюдении требований к формату, публикуемому на официальном сайте Росприроднадзора;
- личным посещением по месту государственной регистрации плательщика на бумажном носителе в одном экземпляре.

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Предприятие ООО «Резинопласт» занимается производством шин. Масса продукции, выпущенной за 2019 год, равна 50 тоннам. Ставка за шины составляет 7 109 руб/т. Норматив равен 25%. (по нормативным документам). Рассчитать экологический сбор за отчетный год. Выполняются следующие вычисления:

$7109 * 50 * 0,25 = 88\ 862,5$ рублей. Именно столько составит экологический сбор за 2019 год.

Если предприятие утилизирует часть отходов, нужно проводить расчеты по более сложной схеме. К примеру, было утилизировано 20% от всей массы произведенных товаров. Из норматива нужно вычесть это значение (25% - 20% = 5%). Затем производятся расчеты по стандартной схеме:

$$7109 * 50 * 0,05 = 17\ 772,5 \text{ рублей.}$$

ЗАДАНИЕ

Заполните недостающие данные в таблице (на основании приложений 7.А, 7.Б, 7В) и рассчитайте экологический сбор в соответствии с вариантом (табл. 7.1).

Таблица 7.1– Исходные данные для задания

№ варианта	Производство/ сфера деятельности	№ группы товаров	Норматив утилизации отходов от использования товаров, %	Масса продукции, выпущенной за отчетный год, кг	Ставка	Отчетный год	Сумма экологического сбора
1.	Окна и балконные двери <i>Утилизировано отходов в 2019г.-3%, в 2020г.-12%</i>			25000		2019	
				20000		2020	
2.	Спецодежда. <i>Утилизировано отходов в 2019г.-2%, в 2020г.-13%</i>			4000		2019	
				5000		2020	
3.	Ящики и коробки из гофрированного картона. <i>Утилизировано отходов в 2019г.-26%, в 2020г.-33%</i>			20000		2019	
				21000		2020	
4.	Нефть и нефтепродукты <i>Утилизировано отходов в 2015г.-22%, в 2016г.-23%</i>			100000		2019	
				110000		2020	
5.	Шины и покрышки. <i>Утилизировано отходов в 2019г.-28%, в 2020г.- 28%</i>			30000		2019	
				35000		2020	
6.	Тара деревянная <i>Утилизировано отходов в 2019г.-12%, в 2020г.-14%</i>			10000		2019	
				9000		2020	
7.	Фильтры для двигателей внутреннего сгорания <i>Утилизировано отходов в 2019 г.-5%, в 2020 г.-16%</i>			1500		2019	
				2000		2020	
8.	Мониторы <i>Утилизировано отходов в 2019 г.-2%, в 2020 г.-23%</i>			2000		2019	
				1800		2020	
9.	Зеркала стеклянные <i>Утилизировано отходов в 2019 г.- 4%, в 2020 г.-6%</i>			3500		2019	
				3000		2020	
10.	Упаковка стеклянная <i>Утилизировано отходов в 2019 г.-2%, в 2020 г-22 %</i>			10000		2019	
				11000		2020	
11.	Упаковка полимерная <i>Утилизировано отходов в 2019 г.-7%, в 2020 г.-22%</i>			7000		2019	
				8000		2020	

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сущность и содержание понятия «Экологический сбор».
2. Плательщики экологического сбора.
3. Утилизация отходов.
4. Порядок расчета экологического сбора.
5. Основные документы, необходимые для расчета экосбора.
6. Порядок и срок уплаты экологического сбора.
7. Способы подачи отчетности.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

1. Изучить распоряжения Правительства РФ N 2971-р от 28.12.2017 и N 3722-р от 31.12.2020. Определить группы товаров, упаковки товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств и имеющих наибольший норматив утилизации.
2. На основе информации, имеющейся в сети интернет, предложить технологию утилизации одного из таких товаров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федерального закона от 24.06.1998 N 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления"
2. Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2017 N 2971-р «Об утверждении нормативов утилизации отходов от использования товаров на 2018-2020 годы».
3. Распоряжение Правительства РФ от 31.12.2020 N 3722-р «Об утверждении нормативов утилизации отходов от использования товаров на 2021 год».
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 09.04.2016 N 284. Об установлении ставок Экологического сбора по каждой группе товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, уплачиваемого производителями, импортерами товаров, которые не обеспечивают самостоятельную утилизацию отходов от использования товаров;
5. Распоряжение Правительства РФ от 31.12.2020 N 3721-р «Об утверждении перечней товаров, упаковки товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств».

ПРИЛОЖЕНИЕ 7А

Постановление Правительства РФ от 9 апреля 2016 г. № 284

Об установлении ставок экологического сбора по каждой группе товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, уплачиваемого производителями, импортерами товаров, которые не обеспечивают самостоятельную утилизацию отходов от использования товаров

Наименование групп товаров, групп упаковки товаров, предусмотренных перечнем товаров, упаковки товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2017 г. N 2970-р	Ставка экологического сбора (рублей за 1 тонну)
Группа N 1 "Изделия текстильные готовые (кроме одежды)"	16304
Группа N 2 "Ковры и ковровые изделия"	16304
Группа N 3 "Спецодежда"	11791
Группа N 4 "Одежда верхняя прочая"	11791
Группа N 5 "Белье нательное"	11791
Группа N 6 "Одежда прочая и аксессуары"	11791
Группа N 7 "Предметы одежды трикотажные и вязаные прочие"	11791
Группа N 8 "Изделия деревянные строительные и столярные прочие"	3066
Группа N 9 "Тара деревянная"	3066
Группа N 10 "Бумага и картон гофрированные, тара из гофрированной бумаги и картона"	2378
Группа N 11 "Мешки и сумки бумажные"	2378
Группа N 12 "Тара, упаковка бумажная и картонная прочая"	2378
Группа N 13 "Изделия хозяйственные из бумаги или картона"	2378
Группа N 14 "Принадлежности канцелярские бумажные"	2378
Группа N 15 "Бобины, катушки, шпули из бумаги и картона"	2378
Группа N 16 "Издательская продукция печатная"	2378
Группа N 17 "Нефтепродукты"	3431
(в ред. Постановления Правительства РФ от 31.10.2018 N 1293)	
Группа N 18 "Шины, покрышки и камеры резиновые"	7109
Группа N 19 "Трубы, трубки, шланги, ленты конвейерные, бельтинг из вулканизированной резины"	8965
Группа N 20 "Изделия из резины прочие"	8965
Группа N 21 "Изделия пластмассовые упаковочные"	3844
Группа N 22 "Изделия пластмассовые строительные"	4701
Группа N 23 "Блоки дверные и оконные, пороги для дверей, ставни, жалюзи и аналогичные изделия пластмассовые"	4701
Группа N 24 "Изделия пластмассовые прочие"	4156
Группа N 25 "Стекло листовое гнутое и обработанное"	2858
Группа N 26 "Зеркала стеклянные"	2858
Группа N 27 "Изделия из стекла изолирующие многослойные"	2858
Группа N 28 "Стекло полое"	2564
Группа N 29 "Бочки и аналогичные емкости из черных металлов"	2423
Группа N 30 "Тара металлическая легкая, укупорочные средства из черных металлов"	2423
Группа N 31 "Тара металлическая легкая, укупорочные средства из алюминия"	2423
Группа N 32 "Компьютеры и периферийное оборудование, офисное оборудование"	26469
Группа N 33 "Мониторы, приемники телевизионные"	26469
Группа N 34 "Оборудование коммуникационное"	26469
Группа N 35 "Техника бытовая электронная"	26469
Группа N 36 "Приборы оптические и фотографическое оборудование"	26469
Группа N 37 "Элементы первичные и батареи первичных элементов"	33476
Группа N 38 "Аккумуляторы свинцовые"	2025
Группа N 39 "Батареи аккумуляторные"	33476
Группа N 40 "Провода и кабели электронные и электрические прочие"	2423
Группа N 41 "Оборудование электрическое осветительное"	9956
Группа N 42 "Приборы бытовые электрические"	26469
Группа N 43 "Приборы бытовые неэлектрические"	26469
Группа N 44 "Инструменты ручные с механизированным приводом"	26469

Наименование групп товаров, групп упаковки товаров, предусмотренных перечнем товаров, упаковки товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2017 г. N 2970-р	Ставка экологического сбора (рублей за 1 тонну)
Группа N 45 "Оборудование промышленное холодильное и вентиляционное"	26469
Группа N 46 "Фильтры для двигателей внутреннего сгорания"	3037
Группа N 47 "Упаковка металлическая из стали"	2423
Группа N 48 "Упаковка металлическая из алюминия"	2423
Группа N 49 "Упаковка полимерная"	3844
Группа N 50 "Упаковка из гофрированного картона"	2378
Группа N 51 "Упаковка из бумаги и негофрированного картона"	2378
Группа N 52 "Упаковка стеклянная"	2564
Группа N 53 "Упаковка деревянная и пробковая"	3066
Группа N 54 "Упаковка из текстильных материалов"	16304

ПРИЛОЖЕНИЕ 7Б

Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2017 N 2971-р
«Об утверждении нормативов утилизации отходов от использования товаров на
2018-2020 годы».

Наименование групп товаров, упаковки товаров в соответствии с перечнем товаров, упаковки товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2017 г. N 2970-р		Норматив утилизации отходов от использования товаров, в процентах		
		2018 год	2019 год	2020 год
Группа N 1	"Изделия текстильные готовые (кроме одежды)"	0	5	10
Группа N 2	"Ковры и ковровые изделия"	0	5	10
Группа N 3	"Спецодежда"	0	5	10
Группа N 4	"Одежда верхняя прочая"	0	5	10
Группа N 5	"Белье нательное"	0	5	10
Группа N 6	"Одежда прочая и аксессуары"	0	5	10
Группа N 7	"Предметы одежды трикотажные и вязаные прочие"	0	5	10
Группа N 8	"Изделия деревянные строительные и столярные прочие"	5	10	15
Группа N 9	"Тара деревянная"	10	15	20
Группа N 10	"Бумага и картон гофрированные, тара из гофрированной бумаги и картона"	25	35	45
Группа N 11	"Мешки и сумки бумажные"	10	15	20
Группа N 12	"Тара, упаковка бумажная и картонная прочая"	10	15	20
Группа N 13	"Изделия хозяйственные из бумаги или картона"	10	15	20
Группа N 14	"Принадлежности канцелярские бумажные"	10	15	20
Группа N 15	"Бобины, катушки, шпули из бумаги и картона"	0	5	10
Группа N 16	"Издательская продукция печатная"	10	15	20
Группа N 17	"Нефтепродукты"	15	20	25
Группа N 18	"Шины, покрышки и камеры резиновые"	20	25	30
Группа N 19	"Трубы, трубки, шланги, ленты конвейерные, бельтинг из вулканизированной резины"	0	5	10
Группа N 20	"Изделия из резины прочие"	20	25	30
Группа N 21	"Изделия пластмассовые упаковочные"	10	15	20
Группа N 22	"Изделия пластмассовые строительные"	5	10	15
Группа N 23	"Блоки дверные и оконные, пороги для дверей, ставни, жалюзи и аналогичные изделия пластмассовые"	0	5	10
Группа N 24	"Изделия пластмассовые прочие"	5	10	15
Группа N 25	"Стекло листовое гнутое и обработанное"	15	20	25
Группа N 26	"Зеркала стеклянные"	0	5	10
Группа N 27	"Изделия из стекла изолирующие многослойные"	5	10	15
Группа N 28	"Стекло полое"	15	20	25
Группа N 29	"Бочки и аналогичные емкости из черных металлов"	15	20	30
Группа N 30	"Тара металлическая легкая, укупорочные средства из черных металлов"	15	20	30
Группа N 31	"Тара металлическая легкая, укупорочные средства из алюминия"	10	15	20
Группа N 32	"Компьютеры и периферийное оборудование, офисное оборудование"	5	10	15
Группа N 33	"Мониторы, приемники телевизионные"	5	10	15
Группа N 34	"Оборудование коммуникационное"	5	10	15
Группа N 35	"Техника бытовая электронная"	5	10	15
Группа N 36	"Приборы оптические и фотографическое оборудование"	5	10	15
Группа N 37	"Элементы первичные и батареи первичных элементов"	0	10	20
Группа N 38	"Аккумуляторы свинцовые"	15	18	20
Группа N 39	"Батареи аккумуляторные"	15	18	20
Группа N 40	"Провода и кабели электронные и электрические"	0	5	10

Наименование групп товаров, упаковки товаров в соответствии с перечнем товаров, упаковки товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2017 г. N 2970-р		Норматив утилизации отходов от использования товаров, в процентах		
		2018 год	2019 год	2020 год
	прочие"			
Группа N 41	"Оборудование электрическое осветительное"	5	10	15
Группа N 42	"Приборы бытовые электрические"	5	10	15
Группа N 43	"Приборы бытовые неэлектрические"	5	10	15
Группа N 44	"Инструменты ручные с механизированным приводом"	5	10	15
Группа N 45	"Оборудование промышленное холодильное и вентиляционное"	5	10	15
Группа N 46	"Фильтры для двигателей внутреннего сгорания"	5	10	15
Группа N 47	"Упаковка металлическая из стали"	15	20	30
Группа N 48	"Упаковка металлическая из алюминия"	10	15	20
Группа N 49	"Упаковка полимерная"	10	15	20
Группа N 50	"Упаковка из гофрированного картона"	25	35	45
Группа N 51	"Упаковка из бумаги и негофрированного картона"	10	15	20
Группа N 52	"Упаковка стеклянная"	15	20	25
Группа N 53	"Упаковка деревянная и пробковая"	10	15	20
Группа N 54	"Упаковка из текстильных материалов"	0	5	10

Приложение 7В

Распоряжение Правительства РФ от 31.12.2020 N 3722-р «Об утверждении нормативов утилизации отходов от использования товаров на 2021 год».

Наименование групп товаров, упаковки товаров в соответствии с перечнем товаров, упаковки товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 N 3722-р		Норматив утилизации отходов от использования товаров, в процентах, 2021 год
Группа N 1	"Изделия текстильные готовые (кроме одежды)"	10
Группа N 2	"Ковры и ковровые изделия"	10
Группа N 3	"Спецодежда"	10
Группа N 4	"Одежда верхняя прочая"	10
Группа N 5	"Белье нательное"	10
Группа N 6	"Одежда прочая и аксессуары"	10
Группа N 7	"Предметы одежды трикотажные и вязаные прочие"	10
Группа N 8	"Тара деревянная"	20
Группа N 9	"Бумага и картон гофрированные, тара из гофрированной бумаги и картона"	45
Группа N 10	"Мешки и сумки бумажные"	20
Группа N 11	"Тара, упаковка бумажная и картонная прочая"	20
Группа N 12	"Изделия хозяйственные из бумаги или картона"	20
Группа N 13	"Принадлежности канцелярские бумажные"	20
Группа N 14	"Бобины, катушки, шпули из бумаги и картона"	10
Группа N 15	"Издательская продукция печатная"	20
Группа N 16	"Нефтепродукты"	25
Группа N 17	"Шины, покрышки и камеры резиновые"	30
Группа N 18	"Трубы, трубки, шланги, ленты конвейерные, бельтинг из вулканизированной резины"	10
Группа N 19	"Изделия из резины прочие"	30
Группа N 20	"Изделия пластмассовые упаковочные"	20
Группа N 21	"Изделия пластмассовые прочие"	15
Группа N 22	"Зеркала стеклянные"	10
Группа N 23	"Стекло полое"	25
Группа N 24	"Бочки и аналогичные емкости из черных металлов"	30
Группа N 25	"Тара металлическая легкая, укупорочные средства из черных металлов"	30
Группа N 26	"Тара металлическая легкая, укупорочные средства из алюминия"	20
Группа N 27	"Компьютеры и периферийное оборудование, офисное оборудование"	15
Группа N 28	"Мониторы, приемники телевизионные"	15
Группа N 29	"Оборудование коммуникационное"	15
Группа N 30	"Техника бытовая электронная"	15
Группа N 31	"Приборы оптические и фотографическое оборудование"	15
Группа N 32	"Элементы первичные и батареи первичных элементов"	20
Группа N 33	"Аккумуляторы свинцовые"	20
Группа N 34	"Батареи аккумуляторные"	20
Группа N 35	"Оборудование электрическое осветительное"	15
Группа N 36	"Приборы бытовые электрические"	15
Группа N 37	"Приборы бытовые неэлектрические"	15
Группа N 38	"Инструменты ручные с механизированным приводом"	15
Группа N 39	"Оборудование промышленное холодильное и вентиляционное"	15
Группа N 40	"Фильтры для двигателей внутреннего сгорания"	15
Группа N 41	"Упаковка металлическая из стали"	30
Группа N 42	"Упаковка металлическая из алюминия"	20

Наименование групп товаров, упаковки товаров в соответствии с перечнем товаров, упаковки товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 N 3722-р		Норматив утилизации отходов от использования товаров, в процентах, 2021 год
Группа N 43	"Упаковка из полимерных материалов, не содержащих галогены"	20
Группа N 44	"Упаковка из полимерных материалов, содержащих галогены"	20
Группа N 45	"Упаковка из комбинированных материалов"	20
Группа N 46	"Упаковка из гофрированного картона"	45
Группа N 47	"Упаковка из бумаги и негофрированного картона"	20
Группа N 48	"Упаковка стеклянная"	25
Группа N 49	"Упаковка деревянная и пробковая"	20
Группа N 50	"Упаковка из текстильных материалов"	10

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов это приобретение систематических знаний по соответствующим дисциплинам направления подготовки, изучение научной, научно-популярной, учебной, художественной и другой литературы, прессы.

Реализация основной образовательной программы подготовки дипломированного специалиста должна обеспечиваться доступом каждого студента к базам данных и библиотечным фондам, а также наглядными пособиями, аудио-, видео- и мультимедийными материалами. Это требование Федерального государственного образовательного стандарта в полной мере может быть реализовано при надлежащей организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа осуществляется в аудиторной и внеаудиторной формах познавательной деятельности по каждой дисциплине учебного плана.

Самостоятельная работа студентов во *внеаудиторное время* может предусматривать:

- проработку лекционного материала, работу с научно-технической литературой при изучении разделов лекционного курса, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к семинарам, лабораторным и практическим занятиям;
- решение задач, выданных на практических занятиях;
- подготовку к контрольным работам;
- выполнение курсовых проектов (работ) и индивидуальных заданий, предусмотренных учебным планом;
- выполнение выпускных квалификационных работ и т.д.

Самостоятельная работа студентов *в аудиторное время* весьма многообразна и может предусматривать:

- выполнение самостоятельных работ;
- выполнение контрольных работ, чертежей, составление схем, диаграмм;
- решение задач;
- работу со справочной, методической и научной литературой;
- защиту выполненных работ;
- оперативный (текущий) опрос по отдельным темам изучаемой дисциплины;
- тестирование (приложение А);.

- собеседование (Приложение Б).

Видами заданий для самостоятельной работы могут быть 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, интернета и др.

Для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекции (обработка текста);
- повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио- и видеозаписей);
- составление плана и тезисов ответа;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- ответы на контрольные вопросы;
- подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции;
- подготовка рефератов (приложение В);
- составление библиографии, тематических кроссвордов;
- тестирование и др.

Для формирования умений:

- решение задач и упражнений по образцу;
- решение вариативных задач и упражнений;
- выполнение чертежей, схем; выполнение расчетно-графических работ;
- решение ситуационных производственных (профессиональных) задач; подготовка к деловым играм;
- проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности;
- подготовка курсовых и дипломных работ (проектов);
- экспериментально-конструкторская работа;

- опытно-экспериментальная работа;
- рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Студенты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплин пользоваться учебно–наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

Учебно–методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

библиотекой университета:

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с УП и данной РПД;
- имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

кафедрой:

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно–методического и справочного материала;
- путем предоставления сведений о наличии учебно–методической литературы, современных программных средств.
- путем разработки:
 - методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы студентов;
 - заданий для самостоятельной работы;
 - вопросов к зачету;
 - методических указаний к выполнению практических работ и т.д.

типографией университета:

- помощь авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы;
- удовлетворение потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Тестовые задания.

Тема №1. Опасные и вредные производственные факторы на машиностроительных предприятиях

1. Сочетание вероятности возникновения в процессе трудовой деятельности опасного события, тяжести травмы или другого ущерба для здоровья человека, вызванных этим событием называется:

1) опасностью; 2) риском; 3) актуализацией опасности; 4) стрессом.

2. Микроклимат определяется действиями на организм человека сочетаний:

1) температуры воздуха, атмосферного давления, влажности, скорости движения воздуха; 2) температуры воздуха, влажности, скорости движения воздуха; 3) температуры воздуха, влажности, скорости движения воздуха, интенсивности теплового излучения; 4) температуры воздуха, атмосферного давления, влажности.

3. Установите соответствие:

<i>Вредные вещества 1-го класса опасности</i>	<i>умеренно опасные</i>
<i>Вредные вещества 2-го класса опасности</i>	<i>малоопасные</i>
<i>Вредные вещества 3-го класса опасности</i>	<i>чрезвычайно опасные</i>
<i>Вредные вещества 4-го класса опасности</i>	<i>высокоопасные</i>

4. Установите соответствие:

<i>Инженерный метод оценки риска</i>	<i>основан на построении моделей воздействия вредных факторов на человека</i>
<i>Модельный метод оценки риска</i>	<i>основан на опросе населения</i>
<i>Экспертный метод оценки риска</i>	<i>опирается на статистику, вероятностный анализ безопасности</i>
<i>Социологический метод оценки риска</i>	<i>основан на опросе опытных специалистов</i>

5. Уровень звукового давления измеряется в

1) децибелах; 2) герцах; 3) люксах; 4) вольтах; 5) амперах.

6. Звуком называются акустические колебания частотой:

1) выше 20 кГц; 2) выше 16 кГц; 3) менее 20 Гц; 4) 16Гц-20кГц; 5) менее 16 Гц.

Тема №2. Загрязнение атмосферы, гидросферы и литосферы машиностроительными предприятиями.

1. Нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда это

1) нормативы качества окружающей среды; 2) нормативы допустимого воздействия на окружающую среду; 3) нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду; 4) нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды

2. Нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды это

1) *нормативы качества окружающей среды;* 2) *нормативы допустимого воздействия на окружающую среду;* 3) *нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду;* 4) *нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды*

3. К нормативам допустимых выбросов относятся

1) *ПДК;* 2) *ПДВ;* 3) *ОДУ;* 4) *ВСВ;* 5) *ПДУ.*

4. К нормативам допустимых сбросов относятся

1) *ПДК;* 2) *НДС;* 3) *ОДУ;* 4) *ВСВ;* 5) *ПДУ.*

5. Размерность нормативов допустимых выбросов

1) *т/г;* 2) *мг/м³;* 3) *мг/кг;* 4) *г/с;* 5) *г/м³.*

Тема №3. Обеспечение производственной безопасности на машиностроительных предприятиях

1. К средствам индивидуальной защиты относятся:

1) *блокировка;* 2) *противогаз;* 3) *средства дистанционного управления;* 4) *предохранительный пояс;* 5) *защитная каска;* 6) *ограждение*

2. Пространство, в котором создаются опасности, называется:

1) *техносферой;* 2) *гомосферой;* 3) *ноксосферой;* 4) *биогеосферой.*

3. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата зависят от:

1) *времени года;* 2) *возраста работающего;* 3) *категории работ (энерготрат);* 4) *месторасположения нормируемого объекта*

4. К одночисловым показателям микроклимата относятся:

1) *температура воздуха;* 2) *индекс ТНС;* 3) *влажность воздуха;* 4) *эффективно-эквивалентная температура*

5. Пространство, в котором создаются опасности называется:

1) *техносферой;* 2) *гомосферой;* 3) *ноксосферой;* 4) *биогеосферой.*

6. К средствам коллективной защиты относятся:

1) *блокировка;* 2) *противогаз;* 3) *средства дистанционного управления;* 4) *предохранительный пояс;* 5) *защитная каска;* 6) *ограждение*

Тема №4. Защита атмосферы от выбросов машиностроительных предприятий.

1. Виды плотности частиц:

1) *истинная;* 2) *кажущаяся;* 3) *фиктивная;* 4) *насыпная.*

2. По величине удельного электрического сопротивления пыль делят на:

1) *3 группы;* 2) *4 группы;* 3) *5 групп;* 4) *6 групп.*

3. Скорость витания частиц прямо пропорциональна:

1) *диаметру частиц;* 2) *квадрату диаметра частиц;* 3) *плотности частиц;* 4) *вязкости газа.*

4. Кривая, в которой каждая точка которых показывает относительное содержание частиц с размерами больше или меньше заданного называется:

1) *гистограммой;* 2) *дифференциальной кривой распределения частиц*

по размерам; 3) интегральной кривой распределения частиц по размерам; 4) нормальной

5. Медианным диаметром d_m называется:

1) размер, при котором масса частиц крупнее d_m равно массе частиц мельче d_m ; 2) размер, при котором количество частиц крупнее d_m равно количеству частиц мельче d_m ; 3) размер, при котором объем частиц крупнее d_m равен объему частиц мельче d_m .

Тема №5. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий

1. Установите соответствие

<i>Песколовки</i>	<i>Продолжительность отстаивания 1-1,5 ч</i>
<i>Отстойники</i>	<i>Продолжительность отстаивания 2 ч</i>
<i>Нефтеловушки</i>	<i>Продолжительность отстаивания 30 сек</i>

2. Для интенсификации процессов осаждения применяют

1) коагулянты; 2) флокулянты; 3) адсорбенты; 4) катализаторы

3. Наибольшее распространение для очистки сточных вод находят

1) сетчатые фильтры; 2) тканевые фильтры; 3) фильтры с зернистой перегородкой; 4) волокнистые фильтры.

4. Очистка сточных вод за счет использования центробежных сил может осуществляться в

1) гидроциклонах; 2) адсорберах; 3) центрифугах; 4) нет правильного ответа

5. Сатуратор применяется при

1) коагуляции; 2) сорбции; 3) флотации; 4) окисления.

Тема №6. Утилизация и обезвреживание отходов производства и потребления.

1. На сколько классов опасности подразделяются отходы по степени негативного воздействия на окружающую среду:

1) 3; 2) 4; 3) 5; 4) 6.

2. Какой основной документ составляется на отходы I - IV классов опасности.

1) паспорт опасных отходов; 2) ведомость опасных отходов; 3) реестр опасных отходов; 4) удостоверение опасных отходов.

3. К какому классу опасности для окружающей среды относятся отходы, если после их воздействия на окружающую природную среду период восстановления экологической системы составляет не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника.

1) к I классу - чрезвычайно опасные; 2) ко II классу - высокоопасные; 3) к III классу - умеренно опасные; 4) к IV классу - малоопасные.

4. Методы определения класса опасности отхода подразделяются на:

1) расчетный и экспериментальный; 2) расчетный и аналитический; 3) аналитический и экспериментальный; 4) расчетный, аналитический и экспериментальный

5. Экспериментальный метод определения класса опасности отхода ос-

нован на:

1) анализе сухого остатка; 2) исследовании образовавшегося биогаза; 3) тестировании водной вытяжки; 4) сжиганием отхода с анализом отходящих газов.

Тема №7. Основы экономики природопользования. Экологический менеджмент машиностроительных предприятий.

1. При расчете платы при размещении отходов на специализированных полигонах и промышленных площадках, которые оборудованы в соответствии с установленными требованиями и расположены в пределах промышленной зоны источника негативного воздействия, устанавливается коэффициент:

1) 0,3; 2) 0; 3) 0,5; 4) 0,8

2 Плату за НВОС НЕ должны вносить юридические лица или индивидуальные предприниматели, осуществляющие хозяйственную и (или) иную деятельность на объектах

1) I категории; 2) II категории; 3) III категории года; 4) IV категории.

3. Платежи за размещение отходов НЕ предназначены:

1) для возмещения затрат, связанных с компенсацией воздействия загрязняющих веществ; 2) финансирования региональных подразделений Росприроднадзора; 3) стимулирования осуществления затрат на проектирование и строительство природоохранных объектов.

4. Плата за негативное воздействие на окружающую среду взимается за

1) выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками; 2) сбросы загрязняющих веществ в водные объекты; 3) хранение отходов производства и потребления; 4) за все перечисленные виды

5. Экологический сбор (ЭС) - это определенная плата за _____, которая взимается с предприятий, производящих или импортирующих продукцию, которая включена в специальный утвержденный перечень товаров.

1) обезвреживание; 2) сбор; 3) транспортировку; 4) утилизацию

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Вопросы к собеседованию.

Тема №1. Опасные и вредные производственные факторы на машиностроительных предприятиях

1. Классификация опасных и вредных производственных факторов.
2. Микроклимат. Параметры, воздействие на человека, нормирование.
3. Шум. Параметры, воздействие на человека, нормирование.
4. Вибрация. Параметры, воздействие на человека, нормирование.
5. Электромагнитные поля. Параметры, воздействие на человека, нормирование.
6. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Параметры, воздействие на человека, нормирование.
7. Тяжесть трудового процесса.

Тема №2. Загрязнение атмосферы, гидросферы и литосферы машиностроительными предприятиями .

1. Характеристика первой категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.
2. Характеристика второй категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.
3. Характеристика третьей категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.
4. Характеристика четвертой категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.
5. Инвентаризации выбросов в окружающую среду.
6. Инвентаризации сбросов в окружающую среду.
7. Инвентаризации отходов производства и потребления.
8. Нормативы допустимых выбросов
9. Нормативы допустимых сбросов
10. Нормативы образования отходов лимитов на их размещение, нормативы допустимых физических воздействий на окружающую среду.
11. Мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в периоды неблагоприятных метеорологических условий.

Тема №3. Опасные и вредные производственные факторы на машиностроительных предприятиях

1. Принципы обеспечения производственной безопасности на машиностроительных предприятиях.
2. Методы обеспечения производственной безопасности на машиностроительных предприятиях.
3. Традиционные и перспективные средства индивидуальной и коллективной защиты от шума.
4. Традиционные и перспективные средства индивидуальной и коллективной защиты от вибрации.
5. Традиционные и перспективные средства индивидуальной и коллек-

тивной защиты от аэрозолей преимущественно фиброгенного воздействия.

6. Обеспечение электробезопасности на машиностроительных предприятиях.

7. Обеспечение нормативных параметров освещения рабочей зоны.

8. Обеспечение нормативных параметров микроклимата рабочей зоны.

Тема №4. Защита атмосферы от выбросов машиностроительных предприятий.

1. Основные газообразные загрязняющие вещества.

2. Физико-химические свойства пылей.

3. Классификация газоочистных устройств.

4. Основные характеристики газоочистных устройств

5. Определение эффективности очистки выбросов экспериментальным методом.

6. Определение эффективности очистки выбросов методом с использованием интеграла вероятности.

7. Гравитационные и инерционные пылеуловители.

8. Циклоны.

9. Групповые и батарейные циклоны..

10. Мокрые пылеуловители.

11. Фильтры туманоуловители.

12. Тканевые фильтры.

13. Зернистые и жесткие фильтры.

14. Электрическая очистка газов.

Тема №5. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий

1. Классификация методов очистки сточных вод.

2. Очистка сточных вод от твердых примесей

3. Очистка сточных вод от маслопродуктов.

4. Отстаивание.

5. Фильтрование.

6. Флотация.

7. Очистка сточных вод в гидроциклонах.

8. Системы оборотного водоснабжения на промышленных предприятиях.

Тема №6. Утилизация и обезвреживание отходов производства и потребления.

1. Классы опасности отходов.

2. Отнесение отходов к классам опасности для ОПС.

3. Паспортизация отходов I - IV класса опасности.

4. Федеральный классификационный каталог отходов.

5. Государственный реестр объектов размещения отходов.

6. Банк данных об отходах и о технологиях утилизации и обезвреживания отходов различных видов.

7. Учет и отчетность в области обращения с отходами.

8. Лицензирование деятельности в области обращения с отходами производства и потребления.

Тема №7. Основы экономики природопользования. Экологический менеджмент машиностроительных предприятий.

Вопросы к *собеседованию*.

1. Структура экономических инструментов охраны окружающей среды.
2. Сущность системы ресурсных платежей.
3. Плата за выбросы в атмосферный воздух.
4. Плата за сбросы сточных вод в окружающую среду.
5. Плата за размещение отходов производства и потребления
6. Система экологических налогов.
7. Финансирование природоохранной деятельности.
8. Экологический сбор.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Темы рефератов.

1. Основные законодательные и нормативные акты, регулирующие вопросы безопасности в сфере профессиональной деятельности
2. Профессионально-обусловленные заболевания, связанные с будущей деятельностью.
3. Безопасность и нанотехнологии.
4. Современные энергосберегающие источники света - типы, конструкции, экологические аспекты применения.
5. Системы кондиционирования - типы и системы кондиционирования, аспекты применения и безопасности
6. Наилучшие доступные технологии в области очистки выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух
7. Наилучшие доступные технологии в области очистки сточных вод
8. Утилизация и обезвреживание отходов
9. Совершенствование фильтрационных технологий защиты воздушной среды
10. Совершенствование электрической очистки газов
11. Совершенствование мокрой очистки газов.
12. Совершенствование абсорбционной очистки газов.
13. Совершенствование адсорбционной очистки газов.
14. Совершенствование каталитической очистки газов.
15. Плазмокаталитическая очистка газов
16. Фитотехнологии очистки сточных вод.
17. Биосорбционная доочистка сточных вод.
18. Окисление сточных вод ферратами.
19. Озонирование сточных вод в сочетании с использованием пероксида водорода.
20. Электроосмотическое обезвоживание осадка сточных вод
21. Плазменные технологии обезвреживания опасных отходов.
22. Обезвреживание опасных отходов методом сверхкритического водного окисления.
23. Акустические генераторы пульсирующего потока для огневого обезвреживания твердых отходов