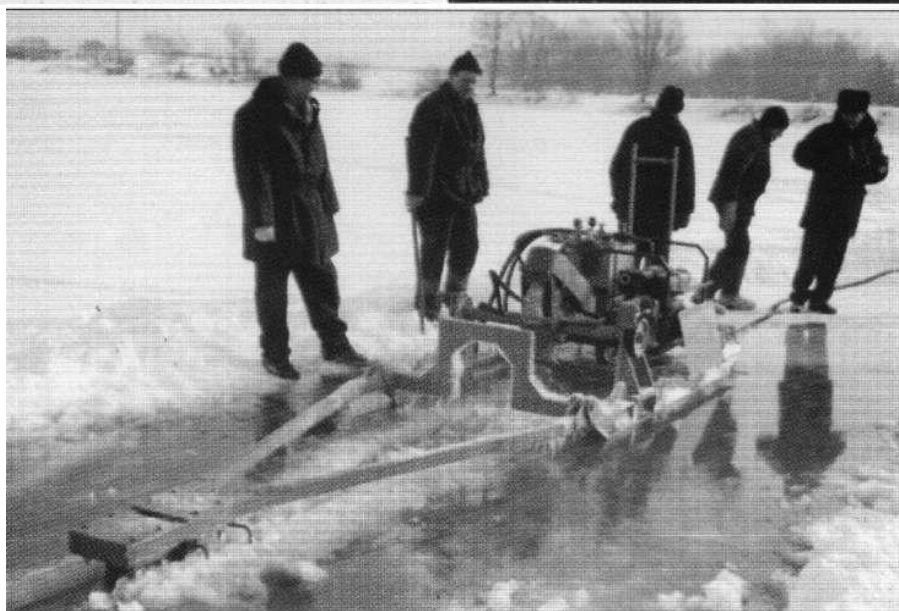
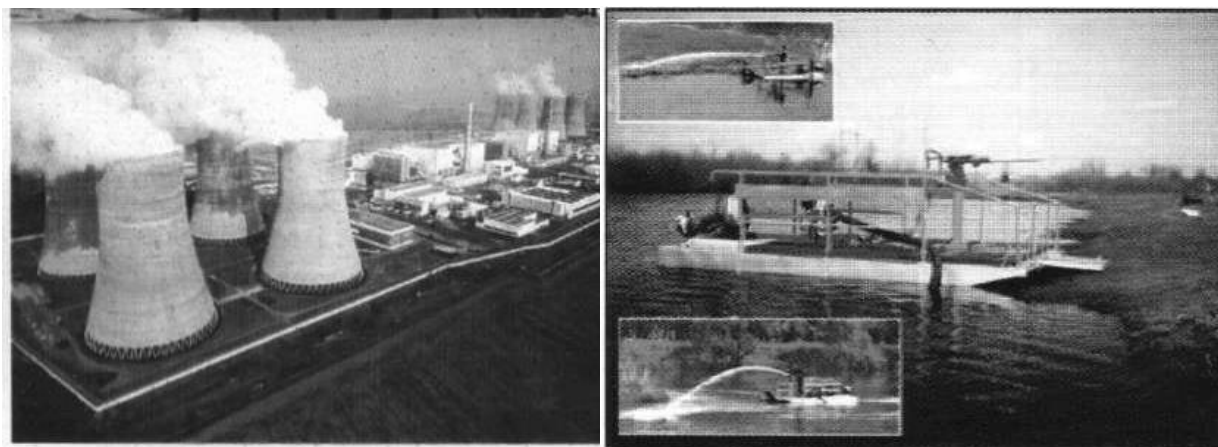


**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ»**

**ХРИСТОФОРОВ Е.Н.  
САКОВИЧ Н.Е.  
БЕЗЗУБ Ю.В.**

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**



**Учебное пособие**

**Брянск – 2014**

УДК 504.614.8.084  
ББК 208я73  
Х 93

***ХРИСТОФОРОВ Е.Н. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.***

Учебное пособие. Методические указания для выполнения лабораторных работ и практических занятий/*Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, Ю.В. Беззуб.* – Брянск: Изд-во ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ», 2014. – 163 с.

Учебное пособие предназначено для студентов очной и заочной формы обучения направления 280700 Техносферная безопасность, изучающих дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», «Экологическая безопасность».

В учебном пособии представлены вопросы проведения лабораторных работ и практических занятий по безопасности жизнедеятельности, что поможет студентам освоить способы и методики определения уровней вредных веществ в окружающей среде, методы защиты окружающей среды.

Выполнение лабораторных работ позволит студентам закрепить лекционный материал и получить навыки самостоятельной работы с приборами контроля параметров воздушной среды, наличия загрязнителей в гидросфере и расчет отходов транспортных промышленных предприятий.

Рецензенты:

зав. каф. «БЖД и Химия» ФГБОУ ВПО  
«Брянский ГТУ», д.т.н., профессор А.В. Тотай;

проф. каф. «Природообустройства и водопользования»  
ФГБОУ ВПО «Брянская ГСХА», д.т.н., профессор. В.Ф. Василенков

Утверждено Методическим советом ФГБОУ ВПО «Брянская ГСХА», протокол №3 от 20 декабря 2014 г.

© ХРИСТОФОРОВ Е.Н., 2014  
© САКОВИЧ Н.Е. 2014  
© БЕЗЗУБ Ю.В., 2014  
© Брянский ГАУ, 2014

## **Содержание**

Введение..... 4

### **Раздел I Методические указания для выполнения лабораторных**

#### **работ**

Лабораторная работа №1. Методы и приборы контроля газо – и парообразных атмосферных загрязнений.....19

Лабораторная работа №2. Методы определения качественных изменений атмосферного воздуха.....28

Лабораторная работа №3. Радиационное загрязнение. Контроль ионизирующих излучений.....140

### **Раздел II Методические указания для выполнения практических**

#### **занятий**

Практическое занятие №1. Охрана атмосферного воздуха.....5

Практическое занятие №2. Очистка вредных газов вентиляционных выбросов каталитическим и термических методами.....42

Практическое занятие №3. Абсорбционный метод очистки вентиляционных выбросов от вредных веществ.....53

Практическое занятие №4. Расчет технических средств очистки воздуха от пыли.....64

Практическое занятие №5. Механическая очистка промышленных сточных вод.....90

Практическое занятие №6. Очистка сточных вод от механических примесей.....109

Практическое занятие №7. Расчет показателей образования отходов при эксплуатации машинно – тракторного парка.....123

## **Введение**

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) – наука о закономерностях формирования опасностей и мерах по предупреждению их воздействия на человека.

Как учебная дисциплина БЖД включает в себя следующие составные части: БЖД на производстве (охрана труда); БЖД в чрезвычайных ситуациях; (гражданская защита), охрану окружающей среды.

Цель лабораторных работ – изучение приборов и методики их применения для выявления опасных и вредных производственных факторов с разработкой рекомендаций по нормализации условий труда, отвечающих требованиям ГОСТов ССБТ;

### ***Требования безопасности при выполнении лабораторных работ.***

До начала лабораторных работ преподаватель проводит инструктаж студентов по технике безопасности с оформлением его в специальном журнале.

В лаборатории должен быть оборудован уголок по технике безопасности с наличием медицинской аптечки, огнетушителя, инструкции о правилах поведения студентов в лаборатории, а также при возникновении пожара, при несчастных случаях и о порядке оказания доврачебной помощи.

На рабочих местах в лаборатории должны быть памятки по технике безопасности, отражающие специфику данного рабочего места, потенциально опасные и вредные факторы, предупреждение о запрещении включения приборов и оборудования без разрешения преподавателя, о необходимости отключать приборы по окончании измерений.

При переходе студентов на новое рабочее место преподаватель напоминает о памятках по технике безопасности, с которыми надо ознакомиться до начала выполнения лабораторных работ.

Изучение дисциплины формирует следующие компетенции:

– владением культурой безопасности и риск-ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружаю-

щей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности (ОК-7);

– способностью ориентироваться в перспективах развития техники и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера (ПК-1);

– способностью ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности (ПК-9);

– способностью пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и природной среды в техносфере (ПК-11);

## Лабораторная работа №1

### МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ГАЗО – и ПАРООБРАЗНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

#### Введение

Соблюдение предельно – допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе населенных мест, требует систематического контроля за фактическим их содержанием в атмосферном воздухе. Такой контроль позволяет оценивать эффективность работы пылеочистного оборудования, предусмотреть необходимо степень очистки и совершенствовать технологию производства для снижения концентрации вредных веществ в отходящих газах. Система наблюдений и контроля за состоянием окружающей среды – мониторинг окружающей среды.

#### *Основным задачи мониторинга окружающей среды:*

- ▶ наблюдение за фактическим состоянием окружающей среды;
- ▶ выявление изменений, обусловленных изменением антропогенными воздействиями;
- ▶ оценка изменений колеблющихся под влиянием антропогенной деятельности.

*Функции мониторинга окружающей среды* – обоснование приоритетности загрязняющих веществ.

На современном уровне знаний приоритетность загрязняющих веществ определяется следующим образом:

- ▶ двуокись серы - в воздухе, водоемах, помпе и растениях;
- ▶ тяжелые металлы (свинец, кадмий, ртуть) в воздухе, почве и водоемах;
- ▶ канцерогенные вещества – в воздухе;
- ▶ нефтепродукты - в морях и океанах;
- ▶ окись углерода и окислы азота - в воздухе городов;
- ▶ хлорорганические пестициды – в сельскохозяйственных районах.

Сложность и многообразие объектов контроля, различный интервал кон-

центраций загрязнений, который может изменяться от  $10^{-8}$  до  $10^5$  мг/м<sup>3</sup>, возрастающая потребность в количественных оценках, требует наличия многих методов и приборов контроля концентрации атмосферных загрязнений.

### **Цель работы.**

Изучить методы и приборы контроля концентраций атмосферных загрязнений. Научиться определять концентрацию вредных газов с помощью газоанализатора УГ-2.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить и кратко законспектировать методы контроля газо-парообразных загрязнений.
2. Изучить марки приборов контроля загрязнений.
3. Определить концентрацию вредных веществ в воздухе. Результаты измерений занести в таблицу.
4. Сделать выводы о состоянии воздушной среды.

### **Вспомогательные материалы:**

1. Справочные материалы
2. Газоанализатор УГ-2 с ЗИП, «Колион».
3. Приборы контроля газо-парообразных загрязнений.
4. Плакаты.

## **1 Контроль концентраций газо- и парообразных примесей**

Анализ газового состава атмосферного воздуха производится с помощью (газоанализаторов, позволяющих осуществлять мгновенный и непрерывный контроль содержания в них вредных примесей. Для экспрессного определения токсичных веществ применяются универсальные газоанализаторы упрощенного типа (УГ-2, ГХ-2 и др.), основанные на линейно-колористическом методе анализа. При просасывании воздуха через индикаторные трубки, наполненные твердым веществом-поглотителем, происходит изменение окраски индикатора (порошка). Длина окрашенного слоя пропорциональна концентрации исследуе-

мого вещества, измеряемой по шкале в мг/м<sup>3</sup>. Газоанализатор УГ-2 позволяет определить концентрацию 16 различных газов и паров. Погрешность измерения  $\pm 10\%$  от верхнего предела каждой строки.

Для постоянного анализа нашли применение автоматические приборы. Методы контроля газовых примесей подразделяются на оптические, электрохимические, термохимические, хроматографические и др.

### **1.1 Оптические методы**

Принцип действия оптических газоанализаторов основан на избирательном поглощении газами лучистой энергии и инфракрасной, ультрафиолетовой или видимой области спектра. К приборам работающим в инфракрасной области относятся оптико-акустические газоанализаторы. Они применяются для определения оксида и диоксида углерода (СО, СО<sub>2</sub>), а также метана. Приборы, работающие в ультрафиолетовой области спектра применяют для обнаружения в воздухе паров ртути, никеля, карбонила, озона и др. приборы работающие в видимой области спектра называют фотоколориметрические газоанализаторы. Действие их основано на поглощении лучистой энергии индикаторными лентами, изменяющими окраску при взаимодействии с определённым газовым компонентом. Также газоанализаторы бывают двух видов:

**1. Жидкостные фотоколориметры.** В таких приборах концентрация анализируемого компонента воздуха определяется по изменению светопоглощения раствора.

**2. Ленточные фотоколориметры.** Принцип действия ленточных фотоколориметров основан на фотометрировании индикаторной ленты предварительно обработанной раствором, вступающим в химическую реакцию с определённым компонентом. Чувствительность таких фотоколориметров выше чем жидкостных.

В настоящее время широко применяются газоанализаторы, использующие не поглощение, а эмиссию излучения анализируемой газовой примеси. Сущность метода состоит в том, что исследуемые молекулы (озона, серы и т.п.) тем или



иным способом приводят в состояние оптического возбуждения и затем регистрируют интенсивность люминесценции, возникающей при возвращении их в равновесное состояние. Применяют три вида люминесценции (соответственно три типа газоанализаторов), различающихся между собой по типу возбуждения:

- ▶ хемилюминесценция (возбуждение молекулы возникает в ходе химической реакции);
- ▶ флюоресценция (оптически возбуждаемая люминесценция)
- ▶ люминесценция в пламени (пламенно-фотометрические газоанализаторы)

## **1.2 Электрические методы**

Электрические газоанализаторы подразделяются на кондуктометрические и кулонометрические.

### **1.2.1 Кондуктометрические газоанализаторы**

В основу принципа действия кондуктометрических приборов положено поглощение анализируемого компонента газовой смеси соответствующим раствором, измерение его электропроводности. Такие газоанализаторы применяются для определения концентрации сероводорода, сернистого ангидрида, аммиака и диоксида углерода.

### **1.2.2 Кулонометрические газоанализаторы**

В таких газоанализаторах электрохимическая реакция протекает в ячейке между анализируемым газом и электролитом, в результате которой во внешней цепи появляется электродвижущая сила (ЭДС), пропорциональная концентрации определенного компонента воздуха. Этим методом можно измерять содержание в сфере сернистого ангидрида, сероводорода, диоксида азота, озона, фтористого и хлористого водорода и др.

## **1.3 Хроматографические методы**

При этих методах анализа происходит разделение газовой смеси

сорбционными метлами в динамических условиях. Разделение происходит в результате поглощения газовых компонентов на активных центрах адсорбции. С помощью хроматографических методов можно проводить качественный и количественный анализ органических и неорганических примесей. Хроматографический метод успешно используется для определения содержания диоксида серы, сероводорода, меркаптана, выхлопных газов автомобилей и обнаружение следов металлов в атмосфере (селена, теллура, ртути, мышьяка и др.)

#### 1.4 Лазерные методы

В этих методах учитывается рассеивание излучения лазера частицами аэрозолей и молекулами газов. Рассеянная энергия попадает на приёмную антенну локатора. Регистрируя и расшифровывая следы взаимодействия лазерных импульсов с атмосферными слоями, можно извлечь информацию о давлении, плотности, температуре, концентрации различных газовых составляющих атмосферы. Операции контроля производятся автоматически, что позволяет осуществлять контроль степени загрязнения атмосферы в широких масштабах. Наиболее распространенные приборы для измерения концентраций газообразных примесей в атмосферном воздухе приведены в таблице 1.

Таблица 1. Приборы для измерения концентраций пыли и газообразных примесей в атмосфере

Тип прибора	Метод измерения	Определяемое вещество	Измеренная концентрация	Погрешность %
ОА-5501	Оптико-акустический	СО, СН <sub>4</sub> , СО <sub>2</sub>	0-400	±5,0
ФЛ-5601	Фотоколориметрический	SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , H <sub>2</sub> S	0-20	±10
«Атмосфера»	Электрохимический	O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	0-15000	-
КУ-3	Кондуктометрический	СО, СО <sub>2</sub> , пары бензина	0-500	±5,0
8440	Хемиллюминисцентный	NO <sub>x</sub>	0-5	±3,0
ГПИ	Плазменно-ионизационный	Углеводороды	0-5	±1,0

## 2 Методика определения концентраций токсических веществ с помощью универсального газоанализатора УГ-2

Универсальный переносной газоанализатор типа УГ-2 предназначен для определения в воздухе производственных помещений концентраций следующих вредных газов (паров): сернистого ангидрида, ацетилен, окиси углерода, сероводорода, хлора, аммиака, окислов азота, этилового эфира, бензина, бензола, толуола, ксилола, углеводородов нефти (керосина, Уайт-спирта). Газоанализатор обеспечивает определение концентрации вредных газов в воздухе производственных помещений, характеризуемом следующими данными:

- ▶ содержание пыли не более 40 мг/м<sup>3</sup>;
- ▶ давление от 740 до 780 мм. рт. ст.;
- ▶ относительной влажности не более 90%;
- ▶ температура от 10 до 30°С.

Если анализ производится при температуре, отличной от той, при которой градуировался прибор, в полученные результаты вводится поправка путем умножения концентрации на коэффициент, приведенный в таблице 2.

Таблица 2. Поправочные коэффициенты

Температура °С	Поправочный коэффициент
+10	1,22
+15	1,14
+20	1,0
+30	0,95

### 2.1 Принцип работы и устройство

Принцип работы газоанализатора типа УГ-2 основан на просасывании воздуха содержащего вредные газы через индикаторную трубку воздухозаборным устройством. Образование окрашенного столбика в индикаторной трубке происходит в следствии реакции, возникающей между анализируемым газом (паром) и реактивом наполнителя индикаторной трубки. При этом происходит выделение цветного продукта, отличного от исходного. Длина окрашенного

столбика индикаторною порошка в трубке пропорционально концентрации анализируемого газа в воздухе и измеряется по шкале градуированной и мг/м.

## **2.2 Методика определения концентрации вредных газов и паров**

Перед проведением анализов необходимо.

1. Проверить герметичность воздухозаборного устройства. Для этого сжимают сильфон штоком до верхнего отверстия на объёме 400 мл и фиксируют это положение фиксатором. Резиновую трубку перегибают и сжимают зажимом, отводят фиксатор и после первоначального рывка его отпускают. Если в течении 10 минут не наблюдается заметное перемещение штока, воздухозаборное устройство считаем герметичным.

2. Подготовить индикаторную трубку. Перед снаряжением стеклянные трубки тщательно промывают хромовой смесью и водой, затем просушивают при 120-130°C. В один из концов стеклянной трубки вставляют ватную прослойку толщиной 0,5 мм, удерживая вату стержнем, затем через воронку с тонким концом соответствующий анализу индикаторный порошок из ампулы вскрытой перед самым употреблением, насыпают до края в открытый конец трубки. Постукиванием по стенке трубки стержнем достигается уплотнение столбика порошка, после чего сверху накладывают такую же прослойку из ваты.

3. Открыть крышку воздухозаборного устройства, отвести фиксатор и во втулку вставить шток так, чтобы наконечник фиксатора скользил по канавке штока на которой указан требуемый объём просасываемого воздуха. Давлением руки на головку штока сильфон сжимают до тех пор, пока наконечник фиксатора не совпадёт в верхнем углублении в канавке штока.

4. Надавливая одной рукой на головку штока, другой отводят фиксатор. Как только шток начал дышаться фиксатор отпустить и включить секундомер.

5. Когда наконечник фиксатора войдёт в нижнее углубление канавки штока, слышен щелчок. При этом время до защелкивания должно быть в пределах обозначенных на шкале ЗИПа. Если время защелкивания штока не укла-

дывается в заданные пределы, то это указывает на неправильную набивку индикаторной трубки и достоверность анализа.

6. Определить фактическую концентрацию исследуемого газа, для чего необходимо приложить к нулевой отметке шкалы на коробке ЗИПа.

7. Полученные результаты занести в таблицу 3, сравнив полученные показания с значениями предельно-допустимых концентрации (ПДК).

8. При проведении анализа необходимо использовать фильтрующий патрон, который служит для улавливания примесей, мешающих получить результат анализов.

### **Отчет о работе**

1. Составить краткий конспект о методах определения газо- паровых загрязнений.

2. Измерить наличие вредных газов в атмосфере согласно задания преподавателя. Результаты измерений занести в таблицу 3.

3. Сделать выводы о соответствии состояния атмосферного воздуха требуемым санитарным нормам (ГОСТ-12.1.005-76).

### **Контрольные вопросы**

1. В чем сущность оптического метода газового анализа.

2. В чём заключается принцип действия электрических газоанализаторов.

3. В чём заключается принцип действия кулонометрических и хроматографических методов газового анализа.

4. Какие приборы газового анализа вы знаете.

5. В чём заключается принцип работы УГ-2.

6. Порядок приготовления индикаторной трубки.

7. Назначение и устройство фильтрующей патрона.

8. Для чего необходимо знать время выполнения анализа.

9. Как определить концентрацию газа после анализа.

10. Для чего необходимо знать температуру, давление, влажность воздуха перед анализом.

## Лабораторная работа №2

# МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

### Введение

Проблема чистоты атмосферы возникла с появлением промышленности и транспорта, работающих на угле, а затем на нефти.

Их быстрый и рост в XX столетии привел к такому увеличению объемов и токсичности выбросов, которые уже не могут быть “растворены” в атмосфере до безвредных для природной среды и человека концентраций.

Загрязнение атмосферы имеет естественное и искусственное происхождение, среди естественных факторов выделяются:

а) внеземное загрязнение воздуха космической пылью и космическим излучением.

б) земное загрязнение атмосферы при извержении вулканов, выветривание жирных пород, пыльных бурях, лесных пожарах, от ударов молний, вынос морских солей.

Условно разделяют естественное загрязнение атмосферы на континентальное и морское, а также неорганическое и органическое. К источникам органического загрязнения относят АЭРОПЛАНКТОН - бактерии в том числе болезнетворные, споры грибков, пыльцу растений (включая ядовитую пыльцу амброзии) и т.д.

На долю естественных факторов в конце XIX столетия приходилось 75% общего загрязнения атмосферы. Остальные 25% возникли в результате деятельности человека.

Искусственное загрязнение атмосферы разделяют на радиоактивное, электромагнитное, шумовое, дисперсное, газообразное, а также по отраслям промышленности и видам технологических процессов.

Главным наиболее опасным источником загрязнения атмосферы является промышленные, транспортные и бытовые выбросы.

## **Цель работы.**

Изучить методы контроля качества воздушной среды. Методы контроля концентрации пыли, в атмосферном воздухе. Определить концентрацию пыли гравитационным методом.

## **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить методы контроля качественных измерений воздушной среды.
2. Изучить методы контроля концентрации пыли в атмосферном воздухе.
3. Исследовать запыленность воздуха в помещена гравитационным методом.

## **Вспомогательные материалы:**

1. Схемы, плакаты,
2. Установка для определения концентрации пыли

## **1 Методы определения качественных измерений атмосферного воздуха**

### **1.1 Методы контроля качества воздушной среды**

Соблюдение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе населенных мест, требует систематического контроля за фактическим их содержанием в атмосферном воздухе- Такой контроль позволяет оценивать эффективность работы пылеочистительного оборудования, предусматривать необходимую степень очистки и совершенствовать технологию производства для снижения концентрации вредных веществ в отходящих газах.

Интервал возможных концентраций загрязнений может изменяться от  $10^{-5}$  до  $10^5$  мг/м<sup>3</sup>, а полидисперсные системы характеризуются, как правило, еще широким спектром размеров частиц от  $10^1$  до 10 мкм.

Эго исключает возможность создания универсального метода измерения концентраций атмосферных загрязнения и объясняет дифференцированный подход к способам их измерения.

Методы контроля качества воздушной среды целесообразно разделить на следующие группы: методы непрерывного производственного контроля, экспресс-методы. При этом в каждой группе методов выделяются подгруппы по технологическим принципам выполнения исследований (рисунок 1).

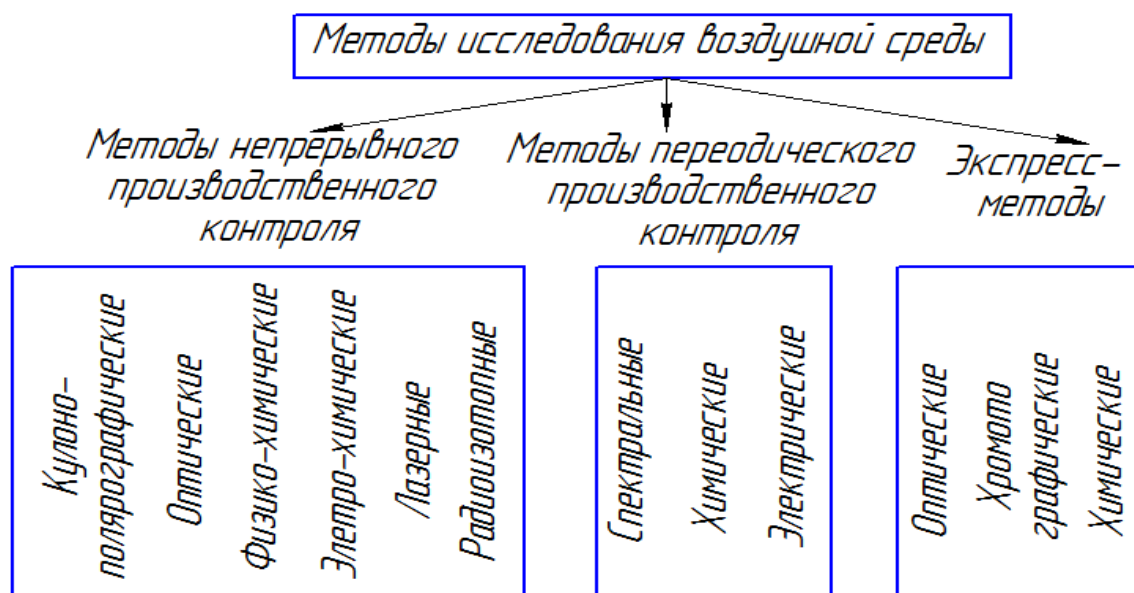


Рисунок 1 – Схема распределения методов исследования воздушной среды

Методы непрерывного контроля с автоматической регистрацией исследуемых величин наиболее совершенны, они позволяют получать достаточно полную характеристику очага загрязнения.

Периодический контроль обеспечивает полученные характеристики загрязнения атмосферного воздуха через определенные отрезки времени, установленные соответствующим графиком и увязываемые циклами производственных процессов или сезонными изменениями ситуации. При периодическом контроле атмосферного воздуха анализ проб обычно производится в лабораторных условиях.

Пользование экспресс-методами контроля обычно приравнивается к экстремальным условиям (производство массового взрыва, температурная инверсия и пр.), к проведению экспериментальных работ по эффективности защиты атмосферного воздуха от загрязнения или к измерениям проводимым непосредственно на рабочих местах для установления комфортных условий труда.



Рассмотрим сущность методов анализа атмосферного воздуха, отнесенных к группе непрерывного контроля:

## **1.2 Кулоно-поляграфический метод анализа осуществляется с использованием стационарных непрерывно-действующих приборов**

Метод основан на реакции поглощения исследуемого газа в титрационной ячейке. Электрохимическая ячейка является основным узлом газоанализатора, где осуществляется сопоставление исследуемого воздуха с эталонным газом, результаты которого передаются в регистрируемое устройство.

### **1.2.1 Оптические газоанализаторы получили широкое применение при контроле содержания вредных примесей в атмосфере**

По принципу действия они делятся на: абсорбционные, эмиссионные, оптико-акустические, фотоколориметрические и фотометрические таблица 1.

Таблица 1 типы оптических газоанализаторов

Тип оптического ГА	Основной принцип действия
Абсорбционные	Измерения ослабления интенсивности электромагнитных излучений при прохождении через исследуемую газовую смесь.
Эмиссионные	Измерения интенсивности спектральных линий определяемого газа при изменении его концентрации в воздухе.
Оптико-акустический	Измерения положения газом инфракрасной радиации
Фотоколориметрический	Измерение поглощения газом лучистой энергии в ультрафиолетовой области спектра.
Фотометрический	Измерение поглощения газом лучистой энергии в видимой области спектра.

Оптические аппараты (ГА) используются также и в ГА экспресс-метода.

**1.3 Физико-химические методы** анализа атмосферного воздуха разнообразны:

- **газохроматографические** (состоит в хроматографическом различии во взаимодействии между их молекулами) в так называемой разделительной колонке и фиксации выходящей из нее компонентов детекторами, действие которых основано на различии между физическими характеристиками этих компонентов.

- **масс-спектрометрические** заключается в идентификации загрязнителей по массовым спектрам, образующимся в результате ионизации исходного газа под действиями электронов или других видов излучения. В камере-анализаторе счетчиком регистрируются ионы с различной массой, которые автоматически фиксируются, образуя так называемый массовый спектр, при этом каждый определяемый загрязнитель имеет свой определенный спектр, вычерчиваемый самописцем на масс-спектрограмме.

К этому способу относятся:

- спектрофотометрические методы;
- полиграфические методы;
- спектральные методы.

Применение этих методов очень эффективно при определении состава сложных выбросов загрязняющих веществ, они обеспечивают комплексное изучение загрязнителей по всем составляющим градиентам.

#### **1.4 Электрохимический метод**

В нем используются специальные датчики, представляющие собой электрохимический элемент, действующий на принципе процесса электролиза с регулирующим потенциалом при регулируемой диффузии. Молекулы исследуемых газов диффундируют через мембрану и адсорбируются на поляризующемся электроде, на котором они окисляются или восстанавливаются (в зависимости от определяемого газа) при соответствующем потенциале электрода. В результате этой электрохимической реакции в цепи протекает ток, сила которого пропорциональна концентрации газа, регистрируется. Электрохимический метод особенно эффективен при определении в атмосферном воздухе  $CO$ ,  $H_2S$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ . Метод также применим в аппаратах экспресс анализа.

## 1.5 Лазерные методы

Отличаются высокой точностью и быстрым действием. Среди них выделяют две группы методов, производящих анализ газов, отобранных в аналитическую кювету и осуществляющих анализ в открытом пространстве без пробоотбора.

**1-й метод основан** на явлении резонансного поглощения лазерного излучения в анализируемом газе; с помощью его определяют (без перестройки установки) около 20 полутактов, в том числе концентрация и дисперсность аэрозоля.

Во **2-м методе** используются эффекты взаимодействия световой волны с воздушной средой: аэрозольное молекулярное рассеяние спонтанное колебационное рассеяние, резонансное рассеяние и резонансное поглощение. В этом дистанционном способе определения состояния воздушной среды используются лазерные локаторы (лидеры) в сочетании с лазерами источниками излучения

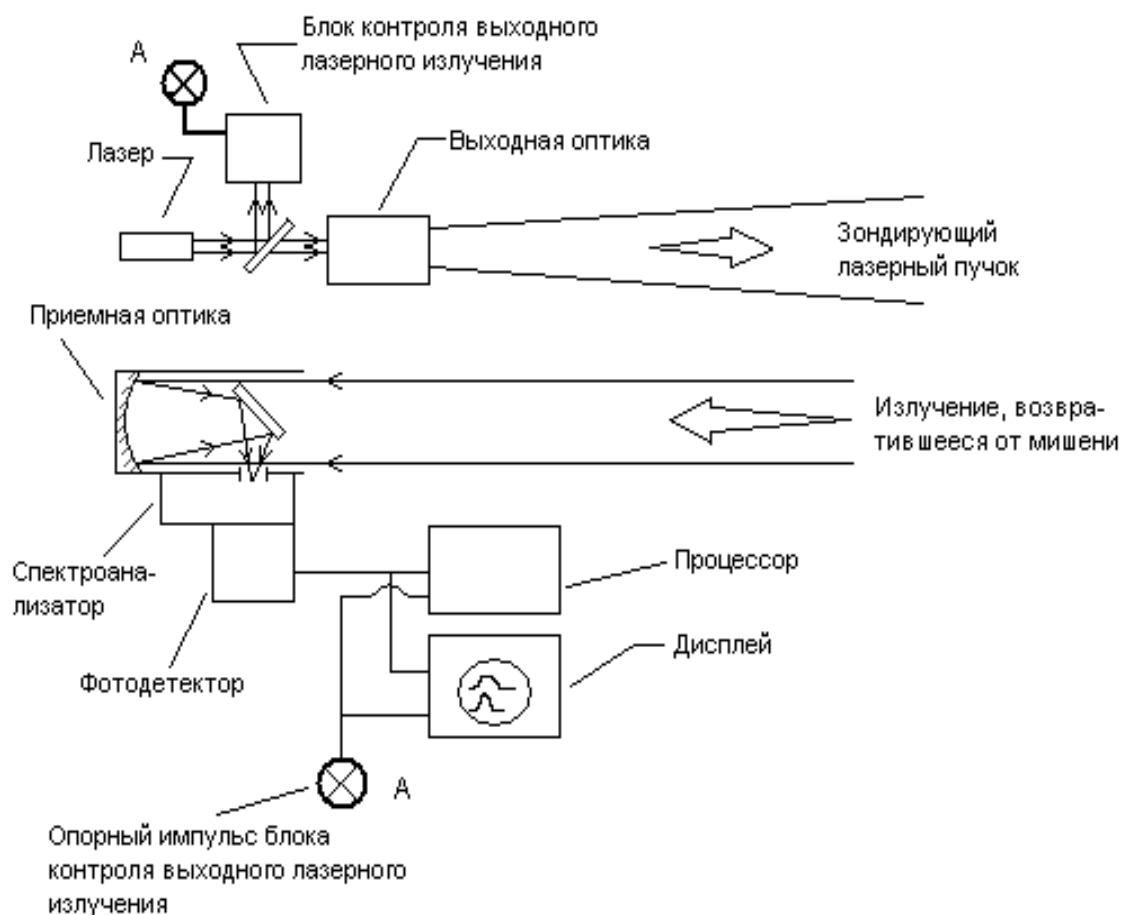


Рисунок 2 – Схема лазерного зондирования

На рисунке 2 предоставлена схема одной из систем лазерного зондирования применяющаяся для контроля загрязнения над карьерной атмосферы и обеспечивающая непрерывную регистрацию кол-ва загрязнителей в толщине воздушного слоя в пределах от 1,2 до 2 км.

### 1.6 Радиоизотопный метод

Область их применения неширока, они используются для определения содержания воздухе продуктов распада радиоактивных руд и минеральной пыли.

При измерении качества пыли в воздухе принцип действия этих приборов основан на определении степени поглощения  $\alpha$ -частиц отобранной на фильтр пробой. Присутствие в воздухе короткоживущих продукте» распада устанавливается по заключению открытой энергии.

Ведутся работы в области конструирования радиолокаторов зондирования рисунок 3.

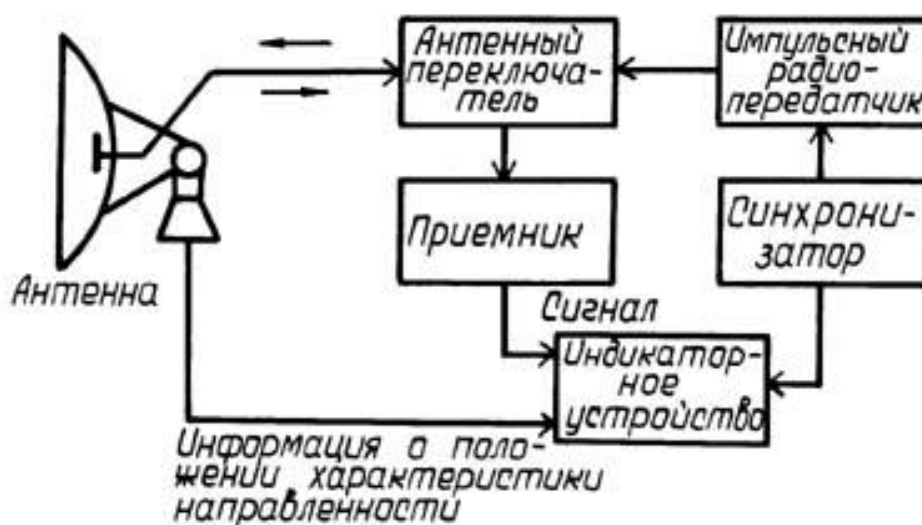


Рисунок 3 – Схема радиолокатора зондирования

Эти локаторы применяются для наблюдения за загрязнением пограничного слоя атмосферы над горными предприятиями и обеспечивают непрерывную регистрацию толщины загрязненного слоя и температурной инверсии на высоте до 2 км.

**Второй большой группой методов** исследования воздушной среды являются **методы периодического производственного контроля**. При этом ведется детальный лабораторный анализ отобранных с помощью воздухозаборников проб воздуха с определением полного поэлементного состава. Измерения осуществляются на стационарном оборудовании в условиях специальных лабораторий.

**Экспресс-методами**, определяют в основном ПДК загрязняющих веществ на рабочих местах. Поэтому эти приборы отличаются портативностью и небольшой массой. **По принципу действия** в основном это: оптические (интерференционные), хроматографические и химические приборы.

## 2 Приборы газового анализа атмосферы

В таблице 2 сгруппированы газоанализаторы получившие наиболее широкое применение при различных методах контроля качества атмосферного воздуха.

Таблица 2 - Газоанализаторы контроля качества атмосферного воздуха

Наименование приборов	Принцип действия	Определяемые поллютанты								
		$H_2$	$H_2S$	$SO_2$	CO	$CO_2$	$CH_4$	NO	Радон	аэрозоли
Анализаторы непрерывного действия										
ЕКП-1	Кулонополярографический			+						
ГМК-3	Оптический				+					
АМТ-3	Физико-химический						+			
СИГМА-CO	-//-				+					
ГА типа ОА	Оптический						+			
ПОИСК-4	Физико-химический	+			+	+	+			
ГИАМ-5	-//-			+	+	+	+			
МАЛК-1	-//-						+			
ИЗВ	Радиоизотопный								+	+
ПРИЗ-1	Радиоизотопный								+	+



### **3.1 Радиоизотопный метод**

Этот метод измерения концентрации пыли основан на свойстве радиоактивного излучения ( $\beta$ -излучения) поглощаться частицами пыли. Массу уловленной пыли определяют по степени ослабления радиоактивного излучения при прохождении его через слой накопленной пыли.

Результаты измерения пыли радиоизотопным методом зависят от химического и дисперсного свойства пыли. Эта погрешность не превышает +15%.

Преимущества метода в том, что измерения концентрации пыли этим методом проще, а по точности и чувствительности он не уступает гравитационному методу. Особенно повышается точность метода при создании автоматических систем контроля атмосферного воздуха.

### **3.2 Оптические методы**

В этих методах используется зависимость физических свойств в (оптической плотности, степени поглощения или рассеивания световых лучей) пылевого осадка или запыленного потока газа от концентрации пыли.

Оптическая плотность пылевого осадка зависит от концентрации и толщины уловленного слоя пыли. Измерения оптической плотности по степени светопоглощения или рассеивания, света называется фотометрическим методом анализа. С помощью его можно определить до  $5 \cdot 10^{-9}$  г веществ в пробе.

Измерение степени рассеивания света взвешенными частицами, находящимися в растворе, положено в основу нефелометрического метода анализа. Чувствительность этого метода  $4 \cdot 10^{-9}$  г вещества в пробе.

#### **3.2.1 Абсорбционный метод**

Метод основан на явлении поглощения света при прохождении его через пыле газовую среду. Он позволяет измерять концентрацию взвешенных частиц непосредственно в атмосферном воздухе без предварительного отбора воздуха для пробы. Ослабление света в полидисперсной среде обусловлено не только поглощением, но и его рассеиванием. Измерение интенсивности рассеянного света является функцией размеров частиц. Это явление положено в основу со-

здания приборов, позволяющих определить счетную концентрацию частиц и дисперсный состав анализируемой пыли.

## **4 Перспективные методы измерения концентрации пыли**

### **4.1 Пьезоэлектрический метод**

При измерении концентрации пыли используют оба варианта этого метода.

**1-й вариант.** В основе, этого варианта лежит измерение изменения частоты колебаний пьезо-кристалла при осаждении на, его поверхность пыли. Этот метод позволяет непосредственно измерять массовую концентрацию пыли.

**2-й вариант.** В основе этого варианта лежит счет электрических импульсов, возникающих при содержании частиц пыли с пьезокристаллом. Этот метод может быть использован для счетной концентрации частиц пыли.

### **4.2 Электрические методы**

При измерении концентрации пыли находят применение и так называемые электрические методы: Индукционный контактно-электрический, емкостный и др.

Эти методы положены в основу создания пылемеров, измеряющих концентрации аэрозолей непосредственно в пылевоздушной среде. На достоверность результатов этих приборов существенное влияние оказывает влажность, природа пыли и изменение ее дисперсного состояния во времени, поэтому широкое распространение для анализа атмосферного воздуха они не получили.

## **5 Гравитационный метод контроля концентрации пыли в воздухе**

Гравитационный метод заключается в выделении из пылегазового потока частиц пыли и определение их массы. Концентрация пыли  $C(\text{мг}/\text{м}^3)$  рассчитывают по формуле:

$$C = m/Q \cdot \tau$$

Где  $m$  – масса пробы пыли, мг

$Q$  – объёмный расход воздуха через пробоотборник,

$\tau$  – время отбора пробы, с



Гравитационный метод признан стандартным и применяется во многих странах мира (Англия, Франция, Бельгия и др.)

## 6 Экспериментальная часть

### 6.1 Приборы и оборудование

Для определения концентрации пыли в атмосферном воздухе рабочей зоны необходимо использовать набор следующих приборов: аспиратор типа 822 Ленинградского НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний Академии медицинских наук; аллонж для фильтров; фильтры типа АФА-В-18, АФА-ВП-20; барометр, термометр; аналитические весы В-200, с точностью измерения 0,1мг, лабораторная пылевая камера. Схема установки для исследования концентрации пыли в воздухе представлена на рисунке 4.

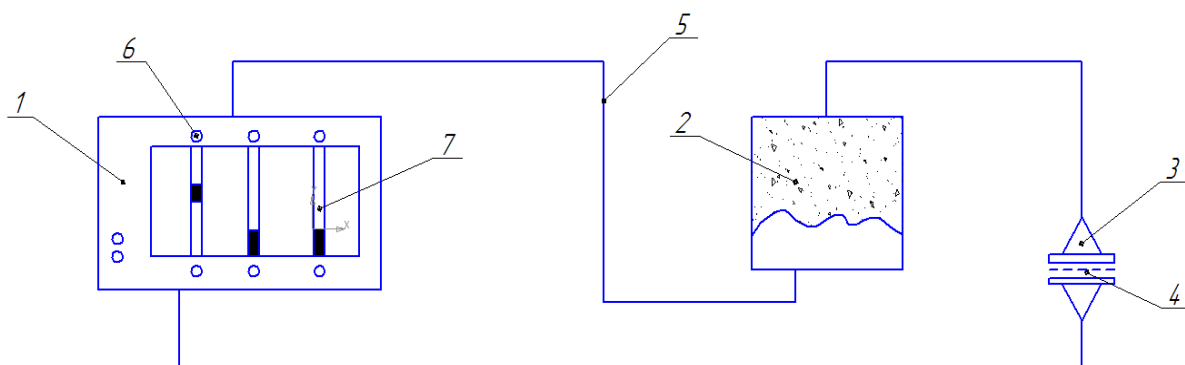


Рисунок 4. Схема установки для исследования концентрации пыли в воздухе:  
1 – аспиратор, 2 - пылевая камера, 3 – аллонж, 4 – фильтр, 5 – шланги,  
6 – вентиль ротаметра, 7 – ротаметр.

#### ***Порядок выполнения эксперимента.***

Вынуть фильтр АФА из кассеты, снять кальку, служащую защитным чехлом  
Взвесить фильтр 4 с точностью до 0,1 мг, после чего поместить фильтр в гнездо аллонжа 3 и соединить полу-патроны.

Показания барометра-анероида и термометра записать в таблицу 3. Включить аспиратор 1 и установить при помощи вентиля ротаметра 6 определенный расход воздуха через фильтр (15...20 л/мин). Расход воздуха также внести в таб-

лицу 3. Произвести отбор пробы, отметив в таблице 3 время начала и окончания отбора (параллельно с включением aspirатора включается секундомер)

Выключить aspirатор и секундомер, вынуть фильтр и взвесить, записать результаты в таблицу 3. Пылевая камера 2 соединяется с aspirатором с помощью соединительных шлангов 5. Разность массы фильтра до и после отбора записать в таблицу 3.

Рассчитать концентрацию пыли в воздухе по формуле:

$$C = \frac{m_2 - m_1}{W_0 * T} * 1000,$$

где  $C$  - концентрация пыли в воздухе, мг/м<sup>3</sup>

$m_1$  - масса фильтра до отбора пробы, мг

$m_2$  - масса фильтра после отбора пробы, мг

$W_0$  - объем воздуха, прошедшего через фильтр приведенный к нормальным условиям, л/мин.

$T$  - продолжительность отбора пробы воздуха, мин.

Объем воздуха  $W_0$  приведенный к нормальным условиям (0°C, кПа определяем по формуле:

$$W_0 = \frac{V_l * 273 * P}{(273 + t_{п.}) * 101.08}$$

$V_l$  - объем воздуха прошедшего через фильтр, л/мин (по показаниям ротаметра)

$t_{п.}$ ,  $P$  - температура и давление в помещении, °C, кПа.

### **Отчет о работе:**

1. Сделать краткий конспект методов определения качественных изменений атмосферного воздуха.
2. Заполнить таблицу 3 экспериментальных данных.
3. Сделать выводы о соответствии концентрации пыли требованиям ГОСТ.

Таблица 3 -Результаты экспериментальных исследований

	Показатели	Обозначения	Единица измерения	Измеренное значение
1	Температура воздуха	t	<sup>0</sup> С	
2	Давление	P	кПа	
3	Масса фильтра до отбора пробы	$m_1$	мг	
4	Масса фильтра после отбора пробы	$m_2$	мг	
5	Длительность отбора пробы	T	мин	
6	Скорость отбора пробы	$V_1$	л/мин	
7	Концентрация пыли в воздухе	C	мг/м <sup>3</sup>	

**Контрольные вопросы:**

1. Название метода определения качественных изменений атмосферного воздуха.
2. Назовите принцип действия лидара.
3. Назовите методы контроля концентрации пыли в воздухе.
4. В чем заключается сущность гравитационного метода.
5. Устройство и принцип работы аспиратора.

## Лабораторная работа №3

# РАДИАЦИОННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ. КОНТРОЛЬ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

### Введение

Радиоактивные вещества, попадающие в атмосферу при их добыче, эксплуатации атомных установок и двигателей представляют определенную опасность загрязнения окружающей среды. При современном уровне защиты эти источники радиоактивности незначительны.

Наибольшее загрязнение окружающей среды радиоактивными веществами происходит в результате ядерных взрывов и атомных бомб, аварий на радиационно опасных объектах (РОО). При ядерном взрыве образовавшаяся взрывная волна распространяет радиоактивную пыль во всех направлениях более чем на 30 км. В первые часы после взрыва осаждаются наиболее крупные частицы, несколько меньшего размера - в течение 5 суток, а мелко-дисперсная пыль потоками воздуха переносится на тысячи километров и оседает на поверхности земного шара в течение многих лет. Атомные взрывы над городами Хиросима и Нагасаки, в августе 1945 года, за несколько минут уничтожили десятки тысяч людей.

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подверглись территории России, Украины, Беларуси на которых проживало 17 млн. человек, из них 2.5 млн детей до 5-летнего возраста оказались в зоне загрязнения. Затраты на ликвидацию последствий аварии с 1986 по 1988 год составили 8 миллиардов рублей, был выполнен огромный объем работы по дезактивации: очищен 21 млн. м<sup>2</sup> поверхности оборудования, захоронено 500 тыс. м<sup>3</sup> грунта, обеззаражено 600 деревень и сел. свыше 5 млн. человек охвачено профилактическим медицинским контролем.

Загрязнение местности от чернобыльской катастрофы происходило в ближайшей зоне (80км) 4-5 суток, а в дальней зоне примерно 15 дней.

Наиболее сложная и опасная радиационная обстановка сложилась 30 км

зоне от АЭС в Чернобыле и Припяти Из этих городов было эвакуировано все население. К началу 1990 года во многих районах мощность дозы уменьшилась и приблизилась к фоновым значениям 12-18 мкР/ч. Припять и Чернобыль и сегодня представляют опасность для жизни.

Использование атомной энергии в широких масштабах приводит к накоплению радиоактивных отходов (РАО).

В настоящее время имеются жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) и твердые (ТРО). Поэтому перед странами стоит проблема их захоронения Основная цель захоронения. РАО это изоляция этих опасных веществ от среды обитания человека на период, достаточный для физического распада радионуклидов В разных странах ее решают неодинаково Например, в США и Великобритании отходы атомной промышленности сбрасывают в Атлантику, во Франции держат в заброшенных железнодорожных тоннелях. В России практикуют захоронение таких отходов в земле. Однако ни в одной стране мира еще не применяют такого захоронения ядерных отходов, при котором не возможна утечка радиации. Остаются зараженными и те территории, на которых проводили ядерные взрывы, в России это Челябинск. Арзамас. Красноярск, Томск.

### **Цель работы.**

Изучить свойства и характеристики ионизирующих излучений, методы и приборы их обнаружения и контроля.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить свойства радиационных излучений, их источники, действия радиации на организм человека.

2. Изучить методы и приборы контроля радиационных излучений

3. Изучить<sup>1</sup> методику измерения радиационных излучений прибором СРП-68-01

4. Выполнить замеры радиационного загрязнения на улице, в лаборатории, сделать выводы.

## **Вспомогательные материалы:**

1. Справочные данные.
2. Схемы приборов контроля ионизирующих излучений.
3. Приборы контроля ионизирующих излучений.
4. Плакаты

## **1 Радиационные излучения и их свойства.**

Человек живет в мире опасностей. Ионизирующая радиация - одна из них. И радиоактивность, и сопутствующие ей излучения существовали на Земле всегда. Но с момента открытия этого универсального, фундаментального явления не прошло еще и ста лет. С первых шагов применения радиоактивного излучения исследователи столкнулись с его отрицательными эффектами. Специалисты, обеспокоенные такими эффектами, в конце 20-х годов создали Международную комиссию по радиационной защите (МКРЗ), которая разрабатывает правила работы с радиоактивными веществами.

Мировая общественность стала проявлять повышенную тревогу по поводу воздействия ионизирующих излучений на человека и окружающую среду (ОС) с начала 50-х годов. Это было последствиями бомбардировок городов Хиросимы и Нагасаки, а также испытаниями ядерного оружия (ЯО), приведшими к распространению радиоактивного материала по всему земному шару.

Сведений о влиянии радиоактивных осадков на биологические объекты было еще не достаточно, и Генеральная ассамблея ООН в 1955 г. основала Научный Комитет по действиям атомной радиации (НКДАР) для оценки в мировом масштабе доз облучения, их эффекта и связанного с ним риска. Состояние тревоги воздействия радиоактивных веществ резко обострилось после аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС).

Радиация действительно опасна. Она вызывает повреждение тканей, может индуцировать рак и генетические дефекты последующих поколений человека.

Открытие явления радиоактивности, незнание его свойств, стоило смерти 336 ученым работающими с ними, они умерли от переоблучения.

Однако отказаться от применения радиоактивных веществ в промышленности, науке, медицине, технике невозможно по объективным причинам, поэтому остается один путь - обеспечить безопасность работы с радиоактивными веществами.

В таблице 1 приведены некоторые свойства излучений.

Таблица 1 – Основные свойства  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ -излучений естественных радиоактивных веществ

Излучение	Природа	Электрический заряд	Ионизирующая способность	Проникающая способность
$\alpha$	Ион $\text{He}^{++}$	+	Очень высокая 100...200 тыс. пар ионов	Низкая 0,1 мм воды, лист бума- ги
$\beta$	Электрон	-	Высокая 50...100 тыс. пар	Высокая 0,5 мм алюминия
$\gamma$	Электромагнитное излучение	Нейтральное	Низкая	Очень высокая до нескольких см. свинца

Альфа-частица ( $\alpha$ ) представляют собой поток ядер гелия. Их энергия лежит в пределах от 3 до 9 МэВ ( $1\text{эВ} = 1.6 \cdot 10^{-19}$  Дж). Пробег  $\alpha$  – частицы в воздухе от 8 до 9 см, а в мягкой биологической ткани - несколько десятков микрометров. Обладая сравнительно большей массой, альфа-частицы быстро теряют свою энергию при взаимодействии с веществом, что обуславливает их низкую проникающую способность и высокую удельную ионизацию, составляющую в воздухе на 1 см пути несколько десятков тысяч пар ионов

Бета-частицы ( $\beta$ ) – это поток электронов или позитронов, возникающих при радиоактивном распаде. Скорость их близка к скорости света, энергия находится в диапазоне от 0.005 до 3,5 МэВ, максимальный пробег в воздухе составляет 1,8 м. в тканях 2.5 см. Ионизирующая способность ниже, а проникающая - выше, чем  $\alpha$ -частиц.

Гамма излучение ( $\gamma$ ) – это высокочастотное электромагнитное излучение, возникающее при переходе атомов из одного энергетического состояния в другое в процессе распада,  $\gamma$  –лучи обладают большой проникающей способностью и малым ионизирующим действием. Энергия их лежит в пределах от 0.01 до 3 МэВ.

Рентгеновское излучение ( $\lambda$ ) – это электромагнитные волны, возникающие при бомбардировке вещества потоком электронов. Энергия квантов находится в пределах от 1 КэВ до 1 МэВ. Ионизирующая способность мала, проникающая – большая.

Единицы измерения – доза.

1. Первая характеристика используемая в практической дозиметрии - эта экспозиционная доза Дэ

Экспозиционная доза (Дэ) - количественная характеристика поля ионизирующего излучения, основанная на величине ионизации сухого воздуха при атмосферном давлении.

Единицей измерения Дэ является рентген (Р). В системе СИ -  $\frac{\text{кЛ}}{\text{кг}}$

$$1\text{Р} = 2 \cdot 10^9 \text{ пар ионов/см}^3 \text{ воздуха} = 0,11 \text{ эрг/см}^2 \text{ воздуха.}$$

2. Количество радиоактивных веществ оценивается их активностью - числом распадов в секунду. Активность измеряется в системе СИ в Беккерелях:

$$1 \text{ БК} = 1 \frac{\text{расп}}{\text{с}}$$

Внесистемной единицей активности является Кюри.

37млрд. распадов в С - это 1Ки (Кюри)

$$1\text{Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$$

Доза 1Р накапливается за 1 ч на расстоянии 1м от источника радия массой 1г. т.е. активностью примерно 1Ки.

3. Поглощенная доза (Дп) - это количество энергии, поглощенной единицей массы облучающего вещества

Внесистемной единицей измерения Дп является рад.

$$1 \text{ рад} = 100 \text{ эрг/г} = 1 \cdot 10^2 \text{ Дж/кг}$$



В системе СИ единицей измерения дозы является грей (Гр);

$1 \text{ гр} = 100 \text{ рад}$ .

Для мягких тканей в поле рентгеновского или  $\gamma$ -излучения поглощенная доза 1 рад примерно соответствует экспозиции 1Р, т.е.

$1 \text{ Р} = 1 \text{ рад}$  (точно - 0,88рад).

4. При одной и той же поглощенной дозе радиобиологический эффект зависит от природы облучения. Для количественной оценки этого влияния потребовалось ввести понятие коэффициента статистической биологической эффективности (ОБЭ) или коэффициента качества (Кк) излучения:

ОБЭ или Кк - это отношение поглощенной дозы эталонного излучения, вызывающей определенный радиобиологический эффект, к дозе рассматриваемого излучения, вызывающей этот же эффект.

5. Эквивалентная доза  $D_{\text{экв}}$ .

$$D_{\text{экв}} = D_{\text{п}} * K_{\text{к}}$$

$K_{\text{к}} = 20$  для  $\alpha$ -частиц,  $K_{\text{к}} = 1$  для  $\lambda\beta\gamma$ -излучений, для протонов  $K_{\text{к}} = 10$

Единицей измерения эквивалентной дозы является зиверт (Зв).  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$

Внесистемная единица является Бэр (биологический эквивалент рада).

Следует учитывать, что чувствительность разных органов тела неодинакова. Например, при одинаковой эквивалентной дозе облучения возникновение рака легких более вероятно, чем в щитовидной железе. Поэтому облучение органов и тканей следует учитывать с разными коэффициентами.

МКРЗ рекомендует следующие коэффициенты радиационного риска:

- красный костный мозг  $K_{\text{р}} = 0,12$ ;
- костная ткань  $K_{\text{р}} = 0,03$ ;
- щитовидная железа – 0,03; легкие – 0,12;
- яичники или семенники – 0,25;
- другие ткани – 0,30;
- организм в целом – 1,0

6. Эффективно-эквивалентная доза  $D_{ээ} = D_{экв} * K_p$ . Эффективно-эквивалентная доза отражает суммарный эффект облучения для организма. Эта доза также измеряется в зивертах(Си) и в Бэр.

Описанные четыре дозы относятся к отдельному человеку, т.е. являются индивидуальными. Просуммировав индивидуальные эквивалентные дозы, полученные группой людей, мы приходим к коллективной эффективной эквивалентной дозе, которая измеряется в человеко-зивертах (чел - Зв).

7. Многие радионуклиды распадаются очень медленно и останутся в отдаленном будущем. Коллективную эффективную эквивалентную дозу, которую получают поколения людей от какого-либо радиоактивного источника за все время его существования, называют ожидаемой (полной) коллективной эффективной эквивалентной дозой.

8. Доза, деленная на продолжительность пребывания в поле излучения, называется мощностью дозы Р, Р/ч, мР/ч, мкР/ч

$$P = D/t$$

где t – время, ч.

## **2 Источники излучения**

Различают естественные и созданные человеком источники излучения. Основную часть облучения население Земли получает от естественных источников. Естественные источники земного и космического происхождения создают естественный фон (ЕРФ).

Излучение, обусловленное рассеянными в биосфере искусственными радионуклидами, порождает искусственный радиационный фон (ИРФ), который в настоящее время в целом по земному шару добавляет к ЕРФ лишь от 1 до 3%.

К естественным источникам земного происхождения относятся  $\alpha$ -излучение радиоактивных веществ, содержащихся в породах, почве, строительных материалах, воздухе, воде, а также приходящие из Космоса космические лучи,

представляющие собой поток протонов и  $\alpha$ -частиц. Наиболее весомый из всех естественных источников радиации является невидимый, не имеющий запаха и вкуса тяжелый газ радон (7,5 раз тяжелее воздуха). По оценкам НКДАР ООН радон и продукты его распада ответственны за 3/4 годовой индивидуальной эффективной дозы облучения. В здания радон поступает с природным газом (3 кБк/сут.), с водой (4), с наружным воздухом (10), из стройматериалов и грунта под зданием (60кБк/сут.).

### **3 Действие радиации на человека**

По отношению к человеку источники облучения могут находиться вне организма и облучать его снаружи (внешнее облучение), а также попасть во внутрь организма вместе с воздухом, пищей, водой (внутреннее облучение). Средняя эффективная эквивалентная доза, полученная человеком от внешнего излучения, составляет от космических лучей 0,35 мЗв, от источников земного происхождения 0,3 мЗв.

В среднем 2/3 эффективной эквивалентной дозы облучения человек получает от естественных источников радиации поступает от внутреннего излучения.

Биологическое действие ионизирующего излучения заключается в том, что поглощенная энергия расходуется на разрыв химических связей и разрушение клеток живой ткани. В результате воздействия ионизирующих излучений на кожу в зависимости от величины дозы развивается разной степени тяжести эритема (ожог).

Установлено также, что облучение может иметь серьезные отдаленные последствия: происходит перерождение кровеносных сосудов, зарастание их тканью, возникновение хронических язв и раковых опухолей со смертельным исходом через 6-30 лет.

Смертельная доза  $\gamma$  - излучения считается равной  $600 \pm 100$ Р. Однако, если облучению подвергается не весь организм, а отдельные его участки, то перено-

симые дозы резко возрастают. Установлен фундаментальный факт: радиочувствительность клетки меняется на разных фазах процесса деления.

Доказано, что облучение может иметь генетические последствия, вызывать вредные мутации.

При дозах внешнего облучения не более 25 Бэр в год никаких изменений в органах и тканях человека не наблюдается. Некоторые сведения об эффектах внешнего воздействия ионизирующих излучений приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Некоторые эффекты внешнего воздействия ионизирующих излучений на человека

Условия облучения	Доза (накопленная) или мощность дозы	Эффект
Однократное, острое, пролонгированное, дробное хроническое – все виды	Любая доза облучения от 0	Увеличение риска отдаленных последствий и генетических нарушений
Хроническое в течение ряда лет	0,1 Зв (10 бэр) в год и более 0,5 Зв (50бэр) в год и более	Снижение неспецифической резистентности организма Специфическое проявление лучевого воздействия снижение иммунореактивности, катаракта (при дозах более 30 бэр)
Острое однократное	1,0 Зв (100бэр) и более 4,5 Зв (450бэр) и более	Острая лучевая болезнь различной степени тяжести Острая лучевая болезнь со смертельным исходом у 50% облученных.
Пролонгированное от 1 до 2 месяцев на щитовидную железу от 1	10,0 Зв (1000бэр) и более	Гипофункция щитовидной железы, возрастание риска развития опухолей (аденом и рака) с вероятностью около $1-10^{-2}$

Внутреннее облучение во много раз опаснее чем внешнее, при тех же количествах радионуклидов. Это объясняется следующими причинами:

1. Время облучения увеличивается и совпадает со временем пребывания радиоактивного вещества в организме (отдельные радиоактивные вещества,  $R^{226}$  или  $R^{239}$  из организма практически не выводятся, облучение длится всю жизнь.

2. Доза облучения резко возрастает из-за бесконечно малого расстояния до ионизирующей ткани.

3. Отсутствует защитное действие кожи;  $\alpha$ -частицы из полностью безопасных, при внешнем облучении, становятся наиболее опасными.

4. Невозможно использовать методы защиты, которые разработаны для внешнего облучения

#### 4. Измерение ионизирующих излучений

В радиоактивном элементе происходит постепенный распад ядер атомов, причем в единицу времени распадается определенная часть их от общего числа. Активность радиоактивного элемента характеризуется периодом полураспада. Период полураспада - это время, в течение которого распадается половина ядер радиоактивного элемента.

Количество радиоактивного вещества принято оценивать его активностью, под которой понимают число радиоактивных распадов атомов в единицу времени, например: 100 расп. в 1с. 10 распадов в 1 мин и далее.

Несистемной единицей активности является Кюри (Ки). Кюри - это такое количество радиоактивного вещества, в котором происходит 37 млрд. распадов ядер атомов в 1 с ( $1 \text{ Кюри} = 37 \times 10^9 \text{ расп/с}$ ).

$$1 \text{ Ки} = 1000 \text{ млКи} = 1000000 \text{ мкКи}$$

Системная единица радиоактивности - беккерель (Бк). Один беккерель соответствует одному распаду за 1 с. Несистемные единицы переводят в системные по соответствующему коэффициенту ( $1 \text{ Кюри} = 37 \text{ млрд. Бк}$ ).

Активность изотопа, отнесенная к единице поверхности или объема, называется удельной активностью (выражается она в Ки/кг, Ки/л, Ки/км<sup>2</sup>).

Степень заражения радиоактивными веществами поверхностей, выражен-

ную в расп./мин см<sup>2</sup>, называют плотностью заражения, а содержание радиоактивных веществ в единице объема продукта - их концентрацией (Ки/кг, Ки/л).

Измерять активность источника радиоактивного заражения в Кюри довольно сложно. Поэтому часто степень радиоактивного заражения измеряют в единицах мощности дозы гамма-излучения (мР/ч, мкР/ч). В этих же единицах выражения допустимые уровни заражения поверхностей, а также продовольствия, кормов, воды.

Радиоактивное излучение не имеет ни цвета ни запаха, поэтому их можно обнаружить с помощью специальных приборов. В радиационной безопасности используют радиометры, дозиметры и спектрометры (индикаторы радиоактивности), рентгенометры.

**Радиометры** – это приборы, предназначенные для определения количества радиоактивных веществ или потока излучения (газоразрядные счетчики Гейгера-Мюллера).

**Дозиметры** – это приборы для измерения мощности экспозиционной или поглощенной дозы.

**Спектрометры** служат для регистрации и анализа энергетического спектра и идентификации на этой основе излучающих радионуклидов.

В настоящее время не существует универсальных методов и приборов применяемых для любых условий. Каждый метод и прибор имеет свою область применения.

В настоящее время используются следующие методы контроля радиационных излучений:

**1. Фотографический метод** основан на изменении степени почернения фотоэмульсии. Если фотопленку, помещенную в светонепроницаемую камеру, подвергнуть воздействию гамма-излучений, а затем проявить, обнаруживается ее почернение. Плотность почернения пропорциональна дозе облучения. Сравнивая плотность почернения с эталоном, определяю дозу облучения, полученную пленкой. На этом принципе основаны индивидуальные фото дозиметры.

**2. Химический метод** основан на определении степени изменения цвета некоторых химических веществ после облучения. Так, хлороформ в воде при облучении разлагается с образованием соляной кислоты, которая дает цветную реакцию с красителем, добавленным к хлороформу. Двухвалентное железо в кислой среде окисляется в трехвалентное под воздействием свободных радикалов  $\text{HO}_2$  и  $\text{OH}$ , образующихся в воде при ее облучении. Трехвалентное железо дает цветную реакцию. По плотности окраски судят о дозе облучения. На этом принципе основаны химические дозиметры ДП-70, ДП-70М.

**3. Сцинтилляционный метод** основан на том, что под воздействием радиоактивных излучений некоторые вещества испускают фотоны видимого света. Возникшие при этом вспышки света (сцинтилляции) могут быть зарегистрированы.

**4. Люминесцентный метод** основан на способности некоторых веществ (активированное серебро, метафосфорное стекло, фтористый литий и др.) накапливать энергию от ядерных излучений. Затем при нагревании или освещении ультрафиолетовыми лучами они отдают накопленную энергию, которую можно измерить в лаборатории (термолюминесцентные и стеклянные дозиметры).

**5. Сущность ионизационного метода** заключается в том, что под воздействием ядерных излучений в изолированном объеме происходит ионизация воздуха или газа: из электрически нейтральных атомов образуются положительно и отрицательно заряженные ионы. Если в этот объем поместить два электрода, к которым подано постоянное напряжение электрического тока, то между электродами создается электрическое поле, в котором возникает направленное движение заряженных частиц, отрицательно заряженные ионы притянутся к аноду, а положительно заряженные к катоду в результате чего разность потенциалов между электродами будет уменьшаться. Образуется так называемый ионизированный ток. Измеряя его величину, получают представление об интенсивности радиоактивных излучений.

Данные методы используются в различных приборах радиационного контроля. Типы и основные параметры некоторых из них представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Приборы контроля радиационной обстановки

№ п/п	Наименование тип прибора	Пределы измерений	Диапазон энергий МэВ	Основная погрешность измерений %	Питание прибора	Общая масса
Дозиметры						
1	ДРГЗ -01	Мощность экспозиционной дозы, МКР/с от 1 до $3 \cdot 10^2$	0,015-1,25	+10	Сетевое батарейное	3,0
2	ДРГЗ -02	Мощность экспозиционной дозы, МКР/с от 0,1 до $10^2$	0,02-3	+15	Сетевое батарейное	3,2
3	ДРГЗ -03	Мощность экспозиционной дозы МКР/с от -1 до $1 \cdot 10^3$	0,02	+15	-«-	3,2
4	ДРГЗ -04	Экспозиционная доза МКР от 10 до $3 \cdot 10^4$	0,03-3	+15	Сетевое батарейное	9,45
		Мощность экспозиционной дозы МР/с от 1 до $3 \cdot 10^3$	0,03-3	+10		
		Мощность поглощенной дозы МКРад/с от 1 до $3 \cdot 10^3$	1-25	+10		
		Поглощенная доза, МКРАд от 10 до $3 \cdot 10^4$	1-25	+15		
5	ДРГ – 05	Мощность экспозиционной дозы МКР/с от 0,1 до $1 \cdot 10^4$	0,04-10	+15	Аккумуляторное	1,3
6	ДКС – 04	Мощность экспозиционной дозы МР/с от 0,1 до 150 Экспозиционная доза МР от 1 до 1024	0,05-3,0	+25	-«-	0,2
7	ДЭС – 4	Экспозиционная доза МР от 0,1 до $1 \cdot 10^3$	0,05-3,0	+25	-«-	
8	ДП-5, А,Б,В	Экспозиционная доза от 0,05 мР/ч до 200 р/ч	0,084-1,25	+10	Батарейное	8,2
9	ИМД-5	Мощность поглощенной дозы, от 0,05 Мрад/ч до 200р/ч	0,084-1,25	+10	-«-	
10	Комплект индивиду. Дозиметров ДП-22-В ДКП-50-А ДП-24 ДКП-50-А	Индивидуальная поглощенная доза Р/ч от 0,5 до 200	0,02-2	+10	Зарядное устройство	5
		-«-	0,02-2	+10	ЗД-5 батарейное ЗД-5 батарейное	3
11	Комплект ИД-1	Поглощенная доза Рад/ч до 360000 рад/ч	0,08-2,2	+20	ЗД-6 батарейное	1,5
12	Измеритель дозы ИД-0,2	Поглощенная доза от 0 до 200 МРАД	0,05-2,2	+20	-«-	0,65
13	РКСБ – 104 (бытовой)	Мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч от 0,1 до 99,99	0,06-1,25	+25	Батарейное «Корунд»	0,35
	Индикатор гамма-излучения «Белла» (бытовой)	Мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч от 0,1 до 99,99	0,05-1,25	+30	-«-	0,25
14	РУП-1	Мощность экспозиционной дозы мкР/с от 0,2 до $10^4$	0,05-3,0	+25	Аккумуляторное	7,65
		Плотность потока $\alpha$ -частиц, от 1 до $2 \cdot 10^4$	3-9		Сетевое	
		Плотность потока $\beta$ -частиц	0,05			
15	СРП-68-01	Мощность экспозиционной дозы МКР/ч от 5 до $3 \cdot 10^3$	0,03-3	+1	Батарейное	3,7



## 4.1 Методика контроля радиационных загрязнений прибором СРП-68-01

### 4.1.1. Назначение

Прибор сцинтилляционной геологоразведочный СРП-68-01 предназначен для поисков радиоактивных руд, по их гамма-излучению и для радиометрической съемки местности а также радиометрического опробования карьеров и горных выработок

Прибор СРП-68 сохраняет работоспособность в интервале температур от -20 до 50С и относительной влажности воздуха до 90% при температуре +30°С, а также в условиях механических нагрузок: вибрация в диапазоне частот (10-70) Нг, удары Прибор герметичен и выдерживает внешнее гидростатическое давление  $3 \cdot 10^4$  Па

### 4.1.2 Технические данные

1. Прибор СРП-68 позволяет проводить измерение потока гамма-излучения в пределах от 0 до 10000S и мощности экспозиционной дозы в пределах от 0 до 3000 мР/ч.

2. Диапазон измерений регистрируемого потока гамма-излучения разбит на следующие поддиапазоны.  $S^{-1}$ :

от 0 до 100

от 100 до 300

от 300 до 1000

от 1000 до 3000

от 3000 до 10000

Диапазон измерений мощности экспозиционной дозы гамма-излучения прибора СРП -68-01 разбит на следующие поддиапазоны, МР/ч:

от 0 до 30

от 0 до 100

от 0 до 300

от 0 до 1000

от 0 до 3000

3. Градуировка прибора производится по образцовым 2 разряда источникам радия -226

4. Нижний порог дискриминации гамма-излучения по энергии находится в пределах от 15 до 35 кэВ.

5. Пределы допускаемой основной погрешности измерения прибора.

$$\Delta = \pm(0,1A_x + 0,015A_k)$$

где  $A_x$  — расчетное значение измеряемого параметра, мР/ч,

$A_k$  — конечное значение предела измерения, мР/ч.

6. Время установления рабочего режима не превышает 1 мин с момента включения прибору.

7. Прибор допускает непрерывную работу в течение 8 часов при сохранении основной погрешности в пределах норм.

8. Комплект питания состоит из 9 элементов типа 343.

9. Мощность потребления комплекта питания не превышает 180 мВ.

10. Длина кабеля, соединяющего пульт и блок детектирования приборов, составляет 1.5 м

11. Средняя наработка на отказ прибора 5000ч.

12. Масса прибора 3.6 кг (с укладочным ящиком 9,5), габаритные размеры пульта 218x102x130 блока детектирования 60x175x525.

13. Средний срок службы прибора не менее 8 лет.

#### **4.1.3. Состав изделия**

Состав прибора СРП-68-01 приведен в таблице 4

Таблица 4 – Состав прибора СРП-68-01

Обозначение	Наименование	Количество
ЖШ2.702.167	Пульт РПГ4-01	1
ЖШ2.329.523	Блок детектирования БДГ4-01	1
ЖШ4.161.897	Укладочный ящик	1
ЖШ2.807.4593И	Комплект ЗИП одиночный	1

#### **4.1.4 Устройство и работа изделия**

##### **4.1.4.1 Принцип работы прибора**

Прибор СРП-68-01 представляет собой измеритель потока и мощности экспозиционной дозы гамма-излучения. Принцип работы прибора основан на преобразовании физической информации в электрические сигналы с последующим измерением их параметров.

Функцию преобразователя выполняют сцинтиллятор на основе NaJ(Tl) и фотоэлектронный множитель преобразующий световые вспышки сцинтиллятора в электрические сигналы.

Аналоговые импульсные сигналы, снимаемые с фотоэлектронного множителя, после усиления отделяются от шумов и преобразуются в последовательность логических сигналов, средняя частота повторения которых пропорциональна измеряемой физической величине. Эта последовательность поступает на интегрирующий линейный измеритель средней скорости счета, показания которого выводятся на стрелочный прибор. Шкала стрелочного прибора градуирована в единицах потока и мощности экспозиционной дозы гамма-излучения.

##### **4.1.4.2. Конструкция прибора**

Конструктивно прибор СРП-68-01 оформлен в виде двух блоков — блока детектирования и измерительного пульта, соединённых кабелем.

Корпус блока детектирования представляет собой цилиндр, внутри которого расположено шасси с элементами электрической схемы.

В передней части блока детектирования расположены фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) и кристалл NaI(Tl), оптический контакт между которыми осуществляется с помощью кремний органической смазки.

Блок детектирования для удобства эксплуатации снабжен ручкой с удлинителем, позволяющим менять его длину; с торцевой стороны блока детектирования имеется окно из тонкого (0,5мм) алюминия, предохраненное съёмным резиновым колпачком.

Измерительный пульт РПГ4-01 прибора выполнен в разъемном прямоугольном корпусе из алюминиевого сплава.

В нижней части корпуса расположен отсек питания, герметизированный от остального объема корпуса и от окружающей среды.

На панели корпуса закреплены:

- измерительный стрелочный прибор;
- органы управления,
- неподвижная плата генератора;
- откидная плата, на которой размещены: стабилизатор напряжения, согласующий каскад, делитель частот и др.

Герметизация пульта обеспечивается применением герметизирующих уплотнений Крепление панели к кожуху осуществляется с помощью двух винтов, к которым пристегиваются ремни для ношения прибора.

На лицевой стороне панели нанесена гравировка режимов работы при различных положениях соответствующих переключателей, а также пределов измерения, соответствующих измерению потока гамма-излучения и мощности экспозиционной дозы Ручкой «УРОВ» задается пороговое значение измеряемой величины. На боковой стенке панели расположены два гнезда: одно для подключения головного телефона или самописца типа Н381, второе гнездо для ввода кабеля

#### **4.1.5 Указания мер безопасности**

1. В комплот прибора СРП-68-01 входит контрольный радиоактивный источник К-3А на основе изотопа кобальт-60, обращение с которым должно соответствовать нормам работы с радиоактивными веществами.

2. В блоке детектирования прибора вырабатывается напряжение от 600 до 1500В необходимое для питания ФЭУ, поэтому вскрытие блоков детектирования должно производиться в лабораторных условиях при отключенном источнике питания.

#### **4.1.6 Порядок работы**

##### **Подготовка к работе:**

- 1) ознакомиться с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации
- 2) извлечь пульт и блок детектирования из укладочного ящика, освободить от упаковки и протереть;
- 3) перевести переключатель режима работы в положение ВЫКЛ;
- 4) проверить, находится ли стрелка измерительного прибора на нуле в противном случае установить ее на нулевую риску корректором, предварительно отвернув заглушку на панели пульта;
- 5) отвернув винты, открыть крышку батарейного отсека и вставить комплект элементов питания, согласно маркировке на дне кожуха пульта, после чего затянуть винты крышки отсека (нарушение полярности подключения элементов может привести; выходу из строя прибора).

##### **4.1.6.2 Подготовка к измерениям**

Исходное положение переключателя пределов измерения S1-300Q мР/ч. переключателя режима работы S2 - ВЫКЛ. Для приведения прибора в рабочее состояние необходимо следующее:

- 1) включить прибор, переводя переключатель режима работы в положение «БАТ» По показанию стрелочного прибора определяют напряжение батарей питания, которое должно быть в пределах от: 6.5 до 15В (15В - предел измерения), если напряжение батарей питания менее 6,5 В - элементы питания заменить. Измерения могут быть начаты не менее чем через 1 мин. после включения прибора.

2) перевести переключатель режима работы в положение «5». При этом показание стрелочного прибора соответствует мощности экспозиционной дозы или потоку гамма-излучения в месте расположения блока детектирования, в зависимости от положения переключателя пределов измерения. Постоянная времени интегрирования равна 5с;

3) снять крышку контрольного источника. Поднести блок детектирования к пульту прибора, ориентируя метку на корпусе блока детектирования (БД) к контрольному источнику. Перед проверкой прибора необходимо предварительно снять резиновый колпачок с БД. С помощью переключателя пределов измерения установить поддиапазон, соответствующий максимальному в пределах шкалы отклонению стрелки измерительного прибора и через 10с зафиксировать, показание прибора от контрольного источника;

4) закрыть контрольный источник крышкой и проконтролировать уровень фона в месте проведения испытаний, для чего с интервалом от 5 до 10с снять от 5 до 10 мгновенных отсчетов и вычислить среднее арифметическое значение показаний. Показание прибора от контрольного источника за вычетом уровня фона должно соответствовать показанию, указанному в паспорте на прибор, при этом допустимое отклонение показаний не должно превышать  $\pm 10\%$ ;

5) в соответствии с п. 3 зафиксировать показание. При этом показание не должно уменьшаться, более чем  $\pm 10\%$  относительно показания от контрольного источника.

#### **4.1.6.3. Проведение измерений**

Переключатель пределов измерения перевести в положение соответствующему пределу мР/ч. предел измерения следует выбирать так, чтобы показания прибора были не менее 30% полной шкалы. В зависимости от величины измеряемой мощности экспозиционной дозы или плотности потока гамма-излучения необходимо с помощью переключателя рода работы установить постоянную времени измерения 2,5 или 5с.

Для установки порога срабатывания сигнализации необходимо:

1) установить переключатель рода работ в положение 2,5 или 5;

2) с помощью контрольного источника установить стрелку измерительного прибора на необходимое значение порога срабатывания сигнализации;

3) вращая ручку «УРОВ» добиться срабатывания звуковой сигнализации. Не изменяя положения ручки «УРОВ», звуковой сигнал будет срабатывать при достижении стрелки значений, превышающих заданный уровень,

4) для отключения звуковой сигнализации ручку «УРОВ» необходимо перевести в крайнее правое положение.

Для вывода информации на прибор НЗ81 необходимо подсоединить вход НЗ81 к разъему Х2.

При работе с прибором НЗ81 необходимо ознакомиться с инструкцией по эксплуатации данного прибора.

5) замерить уровень радиационного загрязнения приборами СРП-68-01, ИМД-5 на улице и в учебной лаборатории, результаты занести в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты измерений

Тип прибора	Место измерения	Участки замеров (1,2,3,4,5)				
СПР-68-01	улица					
	лаборатория					
ИМД-5	улица					
	лаборатория					

### **Отчет о работе**

1. Краткий конспект свойств радиационного излучения
2. Краткий конспект методов и приборов контроля радиационных измерений.
3. Таблица результатов замера радиационного загрязнения.
4. Ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы:**

1. Назовите источники контроля радиационного излучения.
2. Назовите методы контроля радиационного излучения.
3. На какие типы подразделяются приборы радиационного контроля.
4. Меры безопасности при работе с приборами радиационного контроля
5. Порядок измерения радиационного излучения прибором СРП-68-01.

## Практическое занятие №1

### ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

#### Введение

**Атмосфера** – газообразная оболочка планеты, состоящая из смеси различных газов, водяных паров и пыли, массой  $4,9 \cdot 10^{21}$  т. Через атмосферу осуществляется обмен веществ Земли с Космосом.

Атмосфера Земли насквозь пронизывается мощной радиацией Солнца определяющий тепловой режим поверхности планеты.

Атмосфера имеет четко выраженное, слоистое строение рисунок 1. Нижний наиболее плотный слой атмосферы - тропосфера. В зависимости от широты Земли ее высота 10-15 км. Здесь содержится 80 % массы атмосферы и до 80 % водяного пара, развиваются физические процессы, формирующие погоду и влияющие на климат различных районов нашей планеты. Над тропосферой до высоты 40 км, расположена стратосфера. В ней находится озоновый слой, поглощающий ультрафиолетовые лучи солнца. Озоновый слой очень тонок. Если этот газ сосредоточить у поверхности Земли, то он образовал бы пленку толщиной 2-4 мм.

За стратосферой, на высоте более 50 км, находится мезосфера. Если в стратосфере температура до отметки 30 км, постоянна, около  $-50^{\circ}\text{C}$ , а затем повышается до  $+10^{\circ}\text{C}$  на отметке 50 км, то мезосфере на высоте около 80 км, она равна  $-70^{\circ}\text{C}$ . За мезосферой, еще выше (более 80 км, над земной поверхностью) расположена термосфера, не имеющая определенной границы, где температура увеличивается и достигает на высоте 500-600 км.  $+1600^{\circ}\text{C}$ . Строение атмосферы представлено на рисунке 1.

Воздух по мере увеличения высоты становится все разреженнее, 90 % массы атмосферы сосредоточено в пределах 16 км, над земною поверхностью. Наиболее удалены от Земли экзосфера - 800-1600 км. В ней обнаруживаются газы, и наблюдается утечка атомов (в основном водорода и гелия) в космос.



Состав атмосферы, который сохраняется до высоты 400-600 км – азот, кислород, аргон, двуокись углерода, неон, гелий, криптон, ксенон. Выше начинает преобладать гелий («гелиевая корона»). Он достигает отметки около 1600 км. Далее преобладает водород.

Атмосфера как газообразная оболочка Земли характеризуется различными параметрами: давлением, температурой, влажностью, проникающей радиацией, запыленностью. Электромагнитными полями и т.д. Большие объемы атмосферы, обладающие однородными глобальными физико-химическими параметрами, носят название воздушных масс. Переход на поверхность Земли одной воздушной массы в другую, обуславливает изменения, что отражается и в состоянии человека и влияет на его работоспособность. В зависимости от зоны формирования, воздушные массы называют тропическими, воздушными массами умеренных широт, арктическими и т.д. Взаимодействие воздушных масс, динамика передвижения, связь с солнечной и галактической радиацией создает в отдельных районах Земли свойственный данному району климат.

Большое влияние на изменения параметров атмосферы оказывает ее загрязнение пылевидными частицами природного, а главное антропогенного характера, которое способствует изменению атмосферного климата в различных районах Земли. Механизм таких воздействий, еще не изучен. Мы должны всегда помнить декабрь 1952 года, когда в результате загрязнения атмосферы в Лондоне погибло более 4000 человек.

### **Цель работы**

Изучить загрязнения атмосферы, классификацию источников загрязнения воздушного пространства промышленными выбросами, выполнить расчеты загрязнения атмосферы, согласно индивидуального задания.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить источники загрязнения атмосферы.
2. Изучить методику расчета загрязнения атмосферы.
3. Выполнить расчет загрязнения согласно индивидуальному заданию.

**Вспомогательные материалы:** индивидуальное задание; справочные данные; схемы, плакаты; калькулятор.

## **1 Загрязнение атмосферы**

### **1.1 Промышленное загрязнение**

Классификация загрязняющих атмосферу веществ может быть проведена по следующим признакам:

1. *По агрегатному состоянию* (твердые, крупно и мелкодисперсные аэрозоли пыли, жидкие, смешанные, газообразные);
2. *По составу* (сернистый ангидрид, водород и т.д.);
3. *По происхождению* (естественное и искусственное – антропогенное).

### **1.2 Источники загрязнения**

**Загрязнение атмосферного воздуха может быть: глобальным, региональным, местным и локальным.** Однако четко разделить эти виды загрязнения трудно, так как атмосферный воздух границ не имеет. Масштабы загрязнения связаны с мощностью выброса и характером воздушных потоков. Если эти два фактора совпадают по направлению и времени, загрязнение может быть глобальным, а если не совпадают - региональным, местным или локальным.

**1. Под региональным загрязнением** понимается загрязнение атмосферного воздуха на территории в сотни километров, которая находится под действием выбросов крупных промышленных и сельскохозяйственных комплексов.

**2. Местное загрязнение** определяется совокупностью выбросов множества источников, расположенных на территории, находящейся в этой зоне влияния.

**3. Локальное загрязнение** может быть обусловлено одним или несколькими источниками выбросов, зона влияния которых определяется, главным образом, изменчивой скоростью и направлением ветра.

**Загрязнения также подразделяются на:**

**1. Природное загрязнение** – происходит загрязнение счет естественных факторов:

- ▶ пыльные бури;

- ▶ извержение вулканов;
- ▶ выдувание почв;
- ▶ природные пожары (бывают: лесные, степные, торфяные).

**2. Антропогенные источники загрязнения атмосферы делятся на группы:**

- ▶ промышленные предприятия,
- ▶ транспорт;
- ▶ бытовое и коммунальное хозяйство.

**1. Промышленные источники.** Промышленные источники загрязнения в свою очередь, подразделяются по отраслям, а также по ингредиентам. Роль отдельных источников загрязнения в России оцениваются следующим образом: теплоэлектростанции выбрасывают 27% общих поступлений загрязняющих атмосферу веществ, черная металлургия - 24%, цветная металлургия - 10 %, нефтедобыча и нефтехимия - 15%, автотранспорт - 13%, предприятия стройиндустрии — 8%, химическая промышленность — 1%.

Промышленные выбросы в атмосферу подразделяются также на: первичные и вторичные:

▶ первичные – это выбросы, непосредственно поступающие в атмосферу от тех или иных источников;

▶ вторичное превращение некоторых веществ – это результат фотохимического окисления. Вторичные – будучи продуктами образования первичных, могут быть более токсичными и опасными чем первичные.

**2. Транспорт.** Химическая фабрика на колесах – автотранспортное средство (АТС), на его «совести» от 60% до 90% всех вредных веществ в городском воздухе. Автомобильные выхлопные газы - смесь примерно 200 вредных веществ основные из них: меркаптаны, СОх, NOх, углеводороды, SOх. Выбросы автомобильного транспорта в атмосферу превысили 100 граммов на одного жителя в год. На современном этапе ставится задача снизить эти выбросы на 80%. Разрабатываемые современные программы снижения воздействия автомобилизации на окружающую среду идут по следую-

щим направлениям.

▶ градостроительные мероприятия (строительство транспортных средств развязок, переходов, улучшения планировки и характеристик дорог, озеленение магистралей и т.д.);

▶ мероприятия по совершенствованию организации движения (установление предельных скоростей движения – 60 км/ч);

▶ организация производства и применения каталитических и кислородосодержащих добавок к моторному топливу;

▶ газификация автомобилей;

▶ внедрение альтернативных видов топлива;

▶ внедрения автомобилей для внутригородских перевозок.

▶ изменения конструкций АТС (установка конструкций и катализаторов).

**Загрязнения атмосферного воздуха также классифицируют:**

**1. По агрегатному состоянию:**

– газообразные на парообразные;

– твердые;

– жидкие;

– смешанные.

**2. По организации отвода и контроля:**

– организованные;

– неорганизованные.

**3. По режиму отвода:**

– непрерывные;

– периодические;

**4. По температуре:**

– нагретые;

– холодные.

**5. По локализации:**

– в основном производстве;

– во вспомогательном производстве;

– в подсобном производстве.

### ***6. По признакам очистки:***

- выбрасываемые в атмосферу без очистки;
- поступающие на пыле–газоочистку.

## **2 Защита окружающей среды от вредных выбросов в атмосферу**

### **2.1 Рассеивание выбросов в атмосфере**

Атмосфера Земли постоянно циркулирует: поднимающийся вверх теплый воздух у экватора замешается холодными воздушными потоками, движущихся с полюсов. Направление ветра зависит от величины перемещающего воздушные массы градиента атмосферного давления. Воздушные массы могут перемещаться потоками, параллельными поверхности Земли, а также вертикальными струями, которые возникают под действием тепловых градиентов. Турбулентное перемещение приземного слоя атмосферы может происходить при взаимодействии с поверхностью почвы или при тепловом расслоении атмосферы. Благодаря турбулентной диффузии загрязнение атмосферы может распространяться на значительном расстоянии. Для того чтобы концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферы не превышала предельно-допустимую максимальную разовую концентрацию, пылегазовые выбросы подвергаются рассеиванию, а атмосфере через специальные устройства выброса (высотные трубы, шахты, колодцы и так далее).

На процесс рассеивания влияет состояние атмосферы, параметры устройств выброса, параметры выводящих газов. Технологические газы, вентиляционный воздух после выхода из труб и вентиляционных устройств, подчиняются законам турбулентности диффузии.

В зависимости от расположения и организации выбросов, источники загрязнения воздушного пространства подразделяются на: затененные и незатененные, точечные и линейные.

Источники загрязнения атмосферы классифицируются на:

- подвижные;

– стационарные.

**1. По назначению:**

– технологические;

– вентиляционные выбросы.

**2. По месту расположения:**

– не затененные – высотные;

– затененные – низкие;

– наземные.

**3. По геометрической формуле:**

– точечные;

– линейные.

**4. По режиму работы:**

– непрерывного действия;

– периодического действия;

– залповые;

– мгновенные.

**5. По дальности распространения:**

– внутриплощадочные;

– внеплощадочные.

Основным документом, регламентирующим расчет рассеивания и определения приземных концентраций выбросов промышленных предприятий, является «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий «ОНД-86». Эта методика позволяет решать задачи по определению предельно допустимых выбросов (ПДВ) при рассеивании через одиночную незатененную трубку, при выбросе через низкую затененную трубу, и выбросе через фонарь из условия обеспечения предельно-допустимой концентрации (ПДК) в приземном слое воздуха.

При определении ПДВ примеси от расчетного источника необходимо учитывать ее концентрацию  $C_{ф}$  в атмосфере, обусловленную выбросами от

других источников. Для случая рассеивания нагретых выбросов через одиночную незатененную трубу ПДВ определяется по формуле 1:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) H^2 \sqrt[3]{Q \Delta T}}{A k_f m n} \quad (1)$$

$H$  – высота трубы, м;

$\Delta T$  – разность температур между выбрасываемой ГВС и температурой окружающего воздуха, °С;

$A$  – коэффициент, зависящий от температурного градиента атмосферы;

$Q$  – объем расходуемой газо-воздушной смеси, м<sup>3</sup>/ч;

$k_f$  – коэффициент, учитывающий скорость оседания взвешенных частиц выброса в атмосфере;

$m$  и  $n$  – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газо-воздушной смеси из устья трубы.

## 2.2 Методика расчета загрязнения атмосферы

Обычно на практике приходится решать две основные задачи: определить высоту трубы и максимальную приземную концентрацию вредного вещества при известном количестве выбрасываемых в атмосферу веществ.

Для холодных вентиляционных и промышленных выбросов максимальная концентрация вредных веществ в приземном слое атмосферы мг/м<sup>3</sup>, подсчитывается по формуле:

$$C_m = A M_n k_f / H_3^4 \quad (2)$$

где  $A$  - коэффициент, зависящий от метеорологических условий рассеивания вредностей в атмосферу (температурой стратификацией); его величину принимают в соответствии с климатическими законами: для Нижнего Поволжья, Сибири, Дальнего Востока  $A=200$ , для Севера и Северо-запада Европейской территории РФ, Среднего Поволжья, Урала  $A=160$ , для Центральной части Европейской территории РФ  $A=120$ .

$M$  – масса выбрасываемых вредных веществ, г/с;

$H$  – высота выброса вредных веществ (ВВ) над уровнем земли (высота трубы), м;

$F$  – безразмерный коэффициент, зависящий от скорости оседания ВВ в атмосферном воздухе. Для газообразных ВВ и мелкодисперсной пыли  $F = 1$ , для крупнодисперсной пыли при среднем коэффициенте очистки пылеулавливающих устройств  $\eta \geq 90\%$   $F=2$ , при  $75\% < \eta < 90\%$   $F=2,5$  и при  $\eta < 75\%$   $F=3$ .

$n$  – безразмерный коэффициент, зависит от параметра  $v_m$  м/с, который находят из выражения

$$v_m = 1,3 * w_0 D / H \quad (3)$$

где  $w_0$  – скорость выхода газов из устья трубы, м/с;

$D$  – диаметр устья трубы, м,

$K$  – коэффициент определяемых по формуле

$$K = \frac{D}{8V} = \frac{1}{7.1 \sqrt{w_0 V}} \quad (4)$$

где  $V$  – объем выбрасываемого газа, м<sup>3</sup>/с

При значениях  $v_m < 0.3$   $n = 3$ , при

$$0,3 < v_m < 2 \quad n = 3 - \sqrt{(v_m - 0,3)(4,36 - v_m)} \quad (5)$$

Максимальную высоту трубы вентиляционных (холодных) выбросов (м), определяют по формуле:

$$H = \left[ \frac{AMFD}{8VC_{ПДК}} \right]^{3/4}, \quad (6)$$

Если единому значению  $H$  соответствует величина параметра  $v_m > 2$  м/с, то при данной высоте трубы концентрация вредных веществ в приземном слое не будет превышать концентрацию (ПДК). Если  $v_m < 2$  м/с, то необходимо сделать пере-



счет высоты выбросной трубы.

Пересчет выполняют следующим образом. По найденной высоте  $H$  и величине  $v_m$  находят безразмерный коэффициент  $n$ . Затем уточненную высоту трубы  $H_{i+1}$ , находят по формуле:

$$H_{i+1} = H_i [n_i / (n_{i-1})]^{3/4}, \quad (7)$$

где  $n_i, n_{i-1}$  - значения коэффициента  $n$ , которые соответствуют высотам труб  $H_{i-1}, H_i$ .

Если найденные  $H_{i-1}, H_i$  будут отличаться друг от друга незначительно, принимают найденную высоту трубы. Если расхождения значительны, то аналогичным образом проводят дальнейший пересчет.

Указание СН 369-74 позволяют производить пересчет величины предельно допустимого выброса (ПДВ), т.е. максимального количества вредных веществ в единицу времени (г/с), которое можно выбрасывать в атмосферу, чтобы ее загрязнение в приземном слое не превышало ПДК.

Величину ПДВ определяют по формуле:

$$\text{ПДВ} = \frac{8C_{\text{ПДК}} H^2 \sqrt{HV}}{AFnD}, \quad (8)$$

Соответствующий этому случаю ПДК вредных веществ в устье выбросной трубы (шахте) определяют по формуле:

$$C_{\text{MT}} = \frac{8C_{\text{ПДК}} H^2 \sqrt{H}}{AFnD}, \quad (9)$$

### 3 Примеры расчетов

**Пример 1.** Через вытяжную шахту (трубу) высотой  $H = 30$  м и диаметром устья 1 м выбрасывается в атмосферу вентиляционный воздух после очистки в пылеулавливающих установках, степень пылеулавливания которых более 90%. Объем выбрасываемого воздуха составляет  $V=30000 \text{ м}^3/\text{ч} = 8,33 \text{ м}^3/\text{с}$ , валовый воздух пыли  $M=4 \text{ г/с}$ . Пыль не токсичная, с максимально разовой ПДК  $C_{\text{ПДК}} =$

0,5 мг/м<sup>3</sup>. Фоновая концентрация  $C_{\text{ПДК}} = 0,15$  мг/м<sup>3</sup>. Предприятие расположено в Европейской части Российской Федерации. Определить величину максимального загрязнения пылью приземного слоя атмосферы и сравнить ее с ПДК.

**Решение.**

Так как предприятие расположено в Европейской части российской Федерации, то коэффициент А-120. При эффективности пылеулавливающих аппаратов свыше 90% коэффициент F=2.

1. Определим скорость выхода воздуха из устья шахты:

$$w_0 = 4V/\pi D^2 = 4*8.33/3.14*1^2 = 10.61 \text{ м/с.}$$

2. Найдем параметр  $v_m$ :

$$v_m = 1,3 * w_0 D/H = 1,3*1*10,61/30 = 0,46 \text{ м/с.}$$

2. Определим параметр n при условии  $v_m > 0,3$  м/с.

$$n = 3 - \sqrt{(v_m - 0.3)(4.36 - v_m)} = 3 - \sqrt{(0.46 - 0.3)(4.36 - 0.46)} = 2.2$$

3. Определим коэффициент К:

$$K = \frac{D}{8V} = \frac{1}{8*8.33} = 0,01 \text{ с/м}^2.$$

4. Определим максимальную величину загрязнение приземного слоя атмосферы по формуле:

$$C_m = \frac{120*4*2*2,2*0,01}{30^{4/3}} = 0,22 \text{ мг/м}^3.$$

С учетом фонового загрязнения в данной местности  $C_{\text{ф}}=0,15$  мг/м<sup>3</sup> общее загрязнение составляет

$C_{\text{об}} = C_m + C_{\text{ф}} = 0,22 + 0,15 = 0,37$  мг/м<sup>3</sup>, что не превышает ПДК = 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

**Пример 2.** Для условий первого примера определить минимальную высоту вентиляционной шахты, обеспечивающей рассеяние пыли в воздухе до концентрации не превышающих ПДК.

**Решение.**

Допустим, концентрация пыли в приземном слое атмосферы от рассеяния выбросов не должна превышать величину  $C_d$

$$C_d = C_{\text{ПДК}} - C_{\text{ф}} = 0,5 - 0,15 = 0,35 \text{ мг/м}^3.$$

1. Рассчитаем минимальную высоту вентиляционной шахты:

$$H = \left[ \frac{AMFD}{8VC_{\text{ПДК}}} \right]^{3/4} = \left[ \frac{120 \cdot 4 \cdot 1}{8 \cdot 8,33 \cdot 0,35} \right]^{3/4} = 16,25 \text{ м.}$$

2. Определим параметр  $v_m$

$$v_m = 1,3 \cdot w_0 D / H = 1,3 \cdot 1 \cdot 10,61 / 16,25 = 0,85 \text{ м/с.}$$

3. Сделаем перерасчет высоты шахты т.к. параметр  $v_m < 2 \text{ м/с}$

4. Находим коэффициент  $n$ :

$$n = 3 - \sqrt{(v_m - 0,3)(4,36 - v_m)} = 3 - \sqrt{(0,85 - 0,3)(4,36 - 0,85)} = 1,61$$

5. Определим уточненную высоту шахты  $H_{i+1}$ :

$$H_{i+1} = H_i [n_i / (n_{i-1})]^{3/4} = 16,25 (1,61 / 2,2)^{3/4} = 13 \text{ м.}$$

Так как расхождение в высотах шахт незначительно, окончательно принимаем ранее найденную высоту шахты  $H=16 \text{ м}$ .

**Пример 3.** Предприятие, расположенное в Европейской части РФ ( $A=120$ ), отводят запыленные выбросы через вентиляционную шахту высотой 25м с диаметром устья 0,8 м. Объем выбрасываемого воздуха  $Y=20000 \text{ м}^3/\text{ч}=5,55 \text{ м}^3/\text{с}$ . ПДК пыли в атмосферном воздухе составляет  $C_{\text{ПДК}}=0,5 \text{ мг/м}^3$  (пыль нетоксичная). Очистка воздуха в пылеулавливающих устройствах составляет менее 75%. Фонового заражения вокруг предприятия нет.

Определить величину ПДВ и соответствующую ПДК пыли в устье выбросной шахты.

**Решение.**

1. Определим скорость выпуска воздуха из шахты в сечении его устья

$$w_0 = 4V/\pi D^2 = 4*5,55/3,14*0,8^2 = 11,1 \text{ м/с.}$$

2. Найдем параметр  $v_m$ :

$$v_m = 1,3 * w_0 D/H = 1,3*11,1*0,8/25 = 0,46 \text{ м/с.}$$

3. Определим параметр  $n$  при  $v_m = 0,46 > 0,3$  м/с

$$n = 3 - \sqrt{(v_m - 0,3)(4,36 - v_m)} = 3 - \sqrt{(0,46 - 0,3)(4,36 - 0,46)} = 2,2$$

4. Определим ПДВ:

$$\text{ПДВ} = \frac{8*0,5*25*\sqrt[3]{25*5,55}}{120*3*2,2*0,8} = 2,55 \text{ г/с.}$$

5. Подсчитаем соответствующую величину ПДК пыли в устье выбросной шахты:

$$C_{\text{мт}} = \frac{8C_{\text{пдк}}H^3\sqrt[3]{H}}{AFnD} = \frac{8*0,5*25*\sqrt[3]{25}}{120*3*2,2*0,8} = 0,46 \text{ мг/м}^3.$$

**Отчет о работе:**

1. Краткий конспект загрязнений атмосферы.
2. Классификация источников выброса загрязнений атмосферы.
3. Расчет загрязнений атмосферы согласно индивидуального задания.

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое атмосфера, ее состав структура.
2. Назовите, по каким признакам классифицируются загрязнители атмосферы.
3. Дайте классификацию загрязнителей атмосферы.
4. Назовите, по каким признакам классифицируются источники выбросов вредных веществ в атмосферу.

## **Раздел II МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **Практическое занятие №1**

#### **ОЧИСТКА ВРЕДНЫХ ГАЗОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ КАТАЛИТИЧЕСКИМ И ТЕРМИЧЕСКИМ МЕТОДАМИ**

##### **Введение**

Современное машиностроительное производство отличается разнообразными технологическими процессами и, как следствие, разнообразны и загрязнители окружающей среды. При этом характер воздействия различных подразделений предприятия также не одинаков. Одни загрязняют атмосферу, другие гидросферу и литосферу. Машиностроительные заводы выбрасывают в воздушный бассейн пыль различного химического и гранулометрического состава, дым, газ (сернистый ангидрид, окись углерода, окислы азота, сероводород, соединения фтора и др.). Газообразные и твердые примеси в атмосфере в результате физико-химического взаимодействия образуют смог. Солнечная радиация является катализатором, ускоряющим процессы образования ядовитых соединений из выбросов промышленных предприятий и транспорта. В результате образуется фотохимический смог, вызывающий интенсивное загрязнение атмосферы.

##### **Цель работы:**

Изучить загрязнители атмосферы промышленного предприятия, каталитический и термический методы очистки вентиляционных выбросов.

##### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить основные загрязнители атмосферы.
2. Изучить каталитический и термический методы очистки воздуха.
3. Изучить методику расчета каталитического реактора.
4. Выполнить расчеты согласно индивидуального задания.
5. Оформить отчет о работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

## Вспомогательные материалы:

1. Справочные материалы.
2. Индивидуальное задание.
3. Калькулятор.

## 1 Источники загрязнения атмосферы

Источники загрязнения атмосферы различны, их можно подразделить на природные, связанные с естественными явлениями (извержение вулканов, лесные пожары, выветривание, эрозия и др.), производственные и бытовые. Производственные, в свою очередь, делят на стационарные источники загрязнения (ГЭС, АЭС, промышленные предприятия и др.) и передвижные (автомобильный, железнодорожный, морской» речной, воздушный транспорт). Источники загрязнения приведены на рисунке 1.

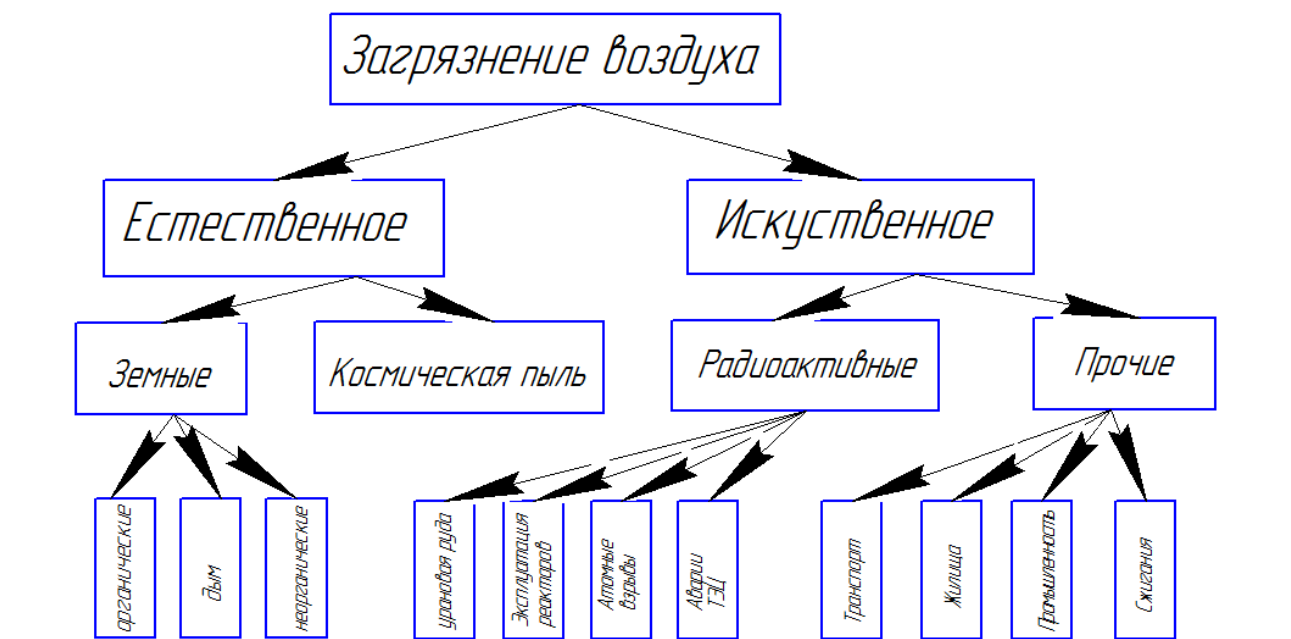


Рисунок 1 – Источники загрязнения воздуха

### 1.1 Природные загрязнения

Их образуют вещества минерального, растительного, животного и микробиологического происхождения. Это пыль, образующаяся при эрозии почв, морская и космическая пыль, вулканические газы, а также газы, выделяющиеся во время лесных и степных пожаров, пыльца растений, микроорганизмы, кото-

рые образуются в результате естественных процессов гниения, брожения и разложения.

## 1.2 Топливо

Ежегодно во всем мире сжигается около 7млрд.т. условного топлива и выделяется свыше  $12 \cdot 10^{10}$  кДж теплоты, при этом в атмосферу ежегодно поступает свыше 20 млн.т. углекислоты. Количество выбросов вредных веществ зависит от количества топлива, его состава, зольности и технологии сжиганий.

Состав топлива определяется процентным содержанием углерода, водорода, серы, кислорода и азота. Высокое содержание летучих веществ в угле увеличивает количество поступающих в атмосферу смол и саж.

## 1.3 Промышленные предприятия

*а) литейные цехи* – наиболее крупные источники пылегазовыделения на машиностроительных предприятиях.

При производстве 1 т. чугуновых отливок выделяется от 150 до 330 кг СО, около 1,5 кг  $O_2$ , от 25 до 60 кг пыли, оксиды азота, фенол аммиак и др. вредные вещества. Запыленность воздуха составляет от 5 до 15 г/м<sup>3</sup>. Состав газов выделяющийся при литейном производстве приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав газов, выделяющихся в различные периоды электродуговой печи

Показатель	Период работы печи		
	плавление	окисление	восстановление
Кол-во газов на 1 т. стали м <sup>3</sup> /			
состав %	10...35	1000...250	25...50
CO <sub>2</sub>	8...14	14...20	7...20
СО	8...14	11...18	30...70
O <sub>2</sub>	0,5...2,0	0...0,5	0...0,08
O <sub>2</sub>	75...79	2,3...3,6	0,3...1,3
Вынос пыли на 1 т. стали кг/	0,15...0,6	2,3...3,6	0,3...1,3

**б) термические цехи:**

Вентиляционный воздух выбрасываемый из термических цехов загрязнен парами масла, аммиаком, цианистым водородом и др.

Источники загрязнения в цехах термические печи. Продукты сгорания из печей выбрасываются в атмосферу через трубы специальной очистки. Концентрация пыли от 2 до 7 г/м<sup>3</sup>

**в) сварочные цехи.**

При проведении сварочных работ в атмосферу попадают токсичные газы и пыли. Химический состав загрязнений зависит в основном от состава сварочных материалов (проволоки, покрытий, флюсов).

Плазменная и газовая резка металлов сопровождается выделением пыли и вредных газов. При резке выделяются токсичные соединения хрома и никеля, марганец, вредные газы (СО, NO).

**г) гальванические цехи:**

Концентрация туманов кислот в вентиляционном воздухе ванн травления составляет от 30 до 500 мг/м<sup>3</sup>. Особой токсичностью отличаются растворы цианистых солей, хромовой и азотной кислот.

**д) цехи механической обработки:**

Обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружкой, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений. В таблице 2 приведены значения выбросов, цеха механической обработки в расчете на 1 кВт мощности установленных на станках электродвигателей.

Таблица 2 – Вредные выбросы

Оборудование	Пары воды г/кВт	Масляный туман г/кВт	Туман эмульсола г/кВт
Металлорежущие станки при масляном охлаждении	-	0,2	-
Металлорежущие станки при эмульсионном охлаждении	150	-	0,0063
Шлифовальные станки при охлаждении эмульсией и содовым раствором	150	-	0,165
Шлифовальные станки при охлаждении маслом	-	30	-



**д) лакокрасочные цехи:**

Вредные вещества выделяются как в период нанесения покрытий на изделия так и при высыхании. При механизированных способах нанесения покрытий выделяется от 8 до 18 % паров растворителя и 1-7% аэрозоля.

Анализ состава загрязнений выбрасываемых в атмосферу машиностроительными предприятиями показывает, что основными примесями атмосферы являются (CO, SO<sub>2</sub>, NO, CnNm).

Типичные газовые загрязнители приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Газовые загрязнители

Основной загрязнитель	Токсичные соединения	Источник промышленных отходов
Сера	Сернистый ангидрид, сернистый ангидрид, сероводород, сероуглерод	Топливо сжигающие устройства производство серной кислоты, нефтепереработка, переработка природного газа и сточных вод, про-во вискозы, целлюлозно-бумажных производств.
Азот	Окислы азота, аммиак, амины	Производство азотной кислоты, автомобильные двигатели, тепло-энергетика, производства аммиака, переработка сточных вод
Фтор	Фтористый водород	Производство фосфорных удобрений и алюминия, производство керамики.
Хлор	Соляная кислота	Производство соляной кислоты, сжигание полихлорвинила, процессы органического хлорирования, производство хлора.
Углерод	Окись углерода парафиновые углеводороды (метан, бутан, гексан). Олефиновые углеводороды, альдегиды, спирта, фенолы.	Неполное сгорание топлива, работа с растворителями, окисление углеводородов, покрытие поверхностей, производство пластмасс, сухая очистка обезжиривания тканей.

## 2 Каталитический метод очистки вредных газов

Для того, чтобы не допустить попадания вредных примесей в атмосферу на практике используются различные способы и методы очистки воздуха от вредных газов. Одним из таких методов является каталитический метод.

Этим методом превращают токсичные компоненты промышленных выбросов в вещества безвредные или менее вредные для окружающей среды, путем введения в систему дополнительных веществ называемых катализаторами.

Каталитические методы основаны на взаимодействии удаляемых веществ с одним из компонентов, присутствующих в очищенном газе, или со специально добавляемым в смесь веществом на твердых катализаторах. Действия катализаторов проявляется в промежуточном (поверхностном) химическом взаимодействии катализатора с реагирующими соединениями, в результате которого образуются промежуточные вещества и регенерированный катализатор.

Методы подбора катализаторов отличаются большим разнообразием, но все они базируются в основном на эмпирических и полуэмпирических способах. Об активности катализаторов судят по количеству продукта, получаемого с единицы объема катализатора, или по скорости каталитических процессов, при которых обеспечивается требуемая степень превращения.

Скорость каталитических процессов выражают уравнением

$$w_k = k_w C_1^a C_2^b \quad (1)$$

где  $C_1, C_2$  и т.д. – концентрация веществ участвующих в реакции;

$a, b$  - порядок реакции соответствующему компоненту;

$k_w$  – константа скорости реакции.

Зависимость константы скорости реакции от температуры описывается законом Аррениуса.

$$k_w = z e^{-E/RT} \quad (2)$$

где  $T$  – абсолютная температура

$R$  – газовая постоянная

$E$  – энергия активации

$Z$  – предэкспоненциальный множитель

Величины  $E$  и  $Z$  постоянные, характерные для данной химической реакции и катализатора.

В большинстве случаев катализаторами могут быть металлы или их соединения ( платина и металлы платиновой группы, оксиды меди и марганца и т.п. ). Катализаторы обычно выполняют в виде шаров, колец проволоки, свитой в спираль.

Объем катализаторной массы определяется исходя из максимальной скорости обезвреживания газа, которая в свою очередь зависит от природы и концентрации вредных веществ в отходящем газе, температуры и давления каталитического процесса и активности катализатора. Допустимая скорость обезвреживания 2000 - 60000 объемов газа на объем катализаторной массы в час.

В последние годы каталитические методы очистки нашли применение для нейтрализации выхлопных газов автомобилей. Для комплексной очистки выхлопных газов автомобилей - окисления продуктов неполного сгорания и восстановления оксида азота - применяют двухступенчатый каталитический нейтрализатор, представленный на рисунке 3.

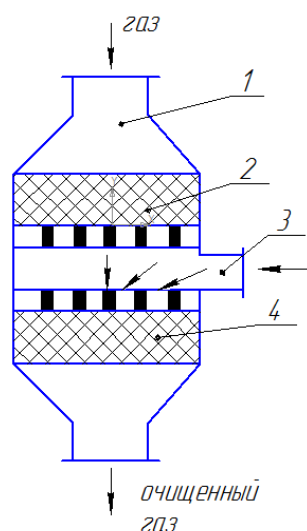
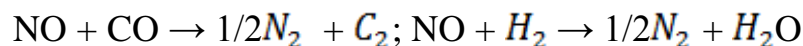


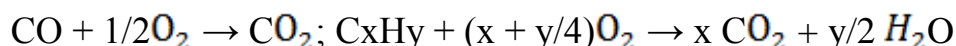
Рисунок 3 – Двухступенчатый каталитический нейтрализатор

Установка состоит из последовательно соединенных восстановительного 2 и окислительного 4 катализаторов. Отработанные газы через патрубок 1 поступают к восстановительному катализатору 2, на котором происходит нейтрализация оксидов азота по следующим реакциям:



В качестве восстановительного катализатора применяют монель-металл (медноникелевый сплав) или катализатор из благородных металлов (например платина на глиноземе). При объемной скорости порядка  $100000^{-1}\text{ч}$  эффективности очистки NO составляет 90% и выше.

Для восстановительного катализатора к отработавшим газам для создания окислительной среды через патрубок 3 подводится вторичный воздух. На окислительном катализаторе происходит нейтрализация продуктов неполного сгорания оксида углерода и углеводородов:



Для расчета каталитического реактора необходимы следующие параметры:

$Q_r$  – объемный расход очищаемого газа м/с

$C_B$  – состав и концентрация примесей мг/м<sup>3</sup>

$w_k$  – скорость обезвреживания газа 1/4;

T – рекомендуемая температура перед слоем катализатора. К

Минимальный объем катализаторной массы  $V_k \text{ м}^3$  определяют по формуле:

$$V_k = Q_r/w_k \quad (3)$$

где  $Q_r$  - объемный расход очищаемого газа м/с

$w_k$  – скорость обезвреживания газа 1/4;  $w_k = 2000 \dots (2..60) \cdot 10^3 \text{ч}^{-1}$

Толщину слоя катализатора h (м), необходимую для заданной степени очистки ( $\eta$ ), определяют по формуле:

$$h = \frac{N_0 w_p}{S_{\text{эф}} B}, N_0 = \ln \frac{1}{1-\eta} \quad (4)$$

где  $N_0$  – число единиц переноса,

$\ln$  – натуральный логарифм;

$\eta$  – заданная степень очистки;

$w_p$  – скорость газа в рабочих условиях, м/с  $w_p = w_0 \frac{T_p}{T_0} * \frac{1}{\Pi_k}$ ,

$w_0$  – начальная скорость,  $w_0 = 0,5 \dots 1$  м/с;

$T_p$  – рекомендуемая температура перед слоем катализатора, град К;

$T_0$  – начальная температура, град К;

$\Pi_k$  – пористость слоя катализатора;

$S_{эф}$  – эффективная удельная поверхность катализатора,  $\text{м}^2/\text{м}^3$ ,

$$S_{эф} = S_{уд} * K_{\phi}$$

где  $S_{уд}$  – удельная наружная поверхность катализатора,  $\text{м}^2/\text{м}^3$

$K_{\phi}$  – коэффициент формы зерна

$B$  – коэффициент маслопередачи, отнесенный к единице поверхности катализатора, м/с.

Коэффициент маслопередачи определяют в зависимости от режима течения газа

$$N_{ид} = 0,51 Re^{0.35} * S_c^{0.33} \quad \text{при } Re = 0,01 \dots 2,0$$

$$N_{ид} = 0,725 Re^{0.47} * S_c^{0.33} \quad \text{при } Re = 2 \dots 30$$

$$N_{ид} = 0,395 Re^{0.35} * S_c^{0.33} \quad \text{при } Re = 30 \dots 8000$$

где  $N_{ид}$  – диффузионный критерий Нуссельта,  $N_{ид} = B d_3 / D$ ;

$Re$  – критерий Рейнольдса

$S_c$  – критерий Шмидта.

Применение каталитического нейтрализатора для нейтрализации выхлопных газов автомобилей позволяет снизить содержание оксида углерода CO в 10 раз, а углеводородов CH приблизительно в 8 раз.

Широкому распространению применения таких нейтрализаторов препятствует свинец содержащийся в этилированном бензине. Срок службы катализатора тогда всего 100-200 часов, т.к. свинец дезактивирует катализатор.

### 3 Термический метод

Большое развитие в отечественной практике нейтрализации вредных примесей содержащихся в вентиляционных и др. выбросах имеет температурное дожигание (термическая нейтрализация), для чего необходимо высокая температура очищаемого газа и достаточное количество кислорода.

Одним из простейших устройств используемых для огневого обезвреживания, технологических и вентиляционных выбросов, является газовая горелка, показанная на рисунке 4.

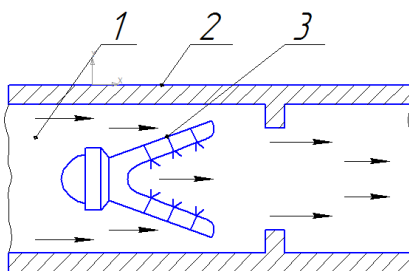


Рисунок 4 – Установка для огневого обезвреживания технологических и вентиляционных выбросов

Обезвреживаемые выбросы подаются в канал 1, где они омывают горелку 2. Из коллектора 3 газ, служащий топливом, поступает в сопла, при истечении из которых инжектируется первичный воздух из окружающей среды. Горение смеси газа с первичным воздухом осуществляется в образной полости коллектора. Процесс догорания происходит на выходе из полости, где хвостовая часть факела контактирует с обезвреживаемыми выбросами при их истечении из кольцевой щели между корпусом горелки и коллектора.

Таким образом, происходит дожимание продуктов неполного сгорания (СО и СхНу) автомобильного двигателя непосредственно на выходе из цилиндров в условиях добавки избыточного воздуха.

Другим устройством для очистки газовых выбросов служит циклонная топка, представляющая собой газовую горелку скомпонованную с камерой разбавления газов после их очистки.

Системы огневого обезвреживания обеспечивают эффективность очистки 90-99% если время пребывания вредностей в высокотемпературной зоне не менее 0,5с и температура обезвреживаемых газов содержащих углеводороды не менее 500-650°C, а содержащих оксид углеводорода 660 - 750°C.

**Отчет о работе:**

1. Краткий конспект основных загрязнителей атмосферы.
2. Расчет каталитического реактора согласно индивидуального задания.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите основные загрязнители атмосферы.
2. Назовите загрязнители механического цеха.
3. Назовите основные загрязнители литейного и окрасочного цеха
4. Назовите основные загрязнители сварочного цеха.
5. В чем заключается сущность каталитического метода очистки воздуха.
6. В чем заключается эффективность термического метода очистки

## Практическое занятие №3

### АБСОРБЦИОННЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

#### Введение

Атмосфера всегда содержит в своем составе определенное количество примесей, поступающих к ней от естественных и антропогенных источников. К числу веществ выделяемых естественными источниками относятся:

- ▶ пыль растительного, космического и вулканического происхождения;
- ▶ пыль возникшая при эрозии почвы;
- ▶ частицу морской соли;
- ▶ туман, дымы и газы от степных и лесных пожаров;
- ▶ газы вулканического происхождения;
- ▶ различные продукты растительного, животного и микробиологического происхождения и др.

Естественные источники загрязнений носят либо распределенный во времени характер, либо имеют кратковременный стихийный характер. Уровень загрязнения атмосферы естественными источниками является фоновым и мало изменяется с течением времени.

Антропогенные загрязнения отличаются многообразием видов и многочисленностью источников их выброса. Если в начале XX века в промышленности использовались 19 химических элементов, то в настоящее время все элементы таблицы Д.И.Менделеева, поэтому в составе промышленных выбросов много тяжелых и редких металлов, синтетические соединения, радиоактивные, канцерогенные, бактериологические и др. вещества.

Считается, что через каждые 10-12 лет объем вредных выбросов в окружающую среду удваивается. Относительное участие в загрязнении атмосферы в различных государствах составляет:

- ▶ теплоэнергетика 20-27%



- ▶ транспорт 13-50%
- ▶ промышленность 15-25%
- ▶ химическая промышленность 1,5-15% и т.д.

### **Цель работы.**

Изучить методы очистки воздуха от вредных веществ. Научиться выполнять расчеты абсорбера.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить классификацию вредных выбросов в атмосферу;
2. Изучить методы очистки воздуха от вредных примесей (метод абсорбции и хемосорбции);
3. Изучить методику расчета абсорбера;
4. Выполнить расчеты абсорбера по индивидуальному заданию
5. Оформить отчет о работе;
6. Ответить на контрольные вопросы.

### **Вспомогательные материал:**

1. Плакаты, схемы, рисунки.
2. Справочные таблицы.
3. Индивидуальное задание.

## **1 Загрязнение атмосферы вредными выбросами**

Современное промышленное производство развивается на базе крупных производственных объединений включающих различные технологии производства продукции.

В результате их деятельности атмосферу загрязняют свыше 500 вредных веществ и их (согласно ГОСТ 17.2.1.01-76) выбросы в атмосферу классифицируются:

## **1.1. По агрегатному состоянию вредных веществ в выбросах:**

1. Газообразные и парообразные выбросы углеводороды и др.;

2. жидкие выбросы (кислоты, щелочи, растворы солей, растворы жидких металлов, органические соединения и т.д.)

В зависимости от размера (мкм) жидкие выбросы делятся на подгруппы:

- супертонкий туман - до 0,5 включений;
- тонкодисперсный туман - от 0,5 до 3 включений;
- грубодисперсный туман - от 3 до 10 включений;
- брызги - свыше 10 включений.

3. Твердые выбросы (канцерогенные вещества, свинец и его соединения, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества и пр.).

### ***3.1 Твердые выбросы делятся на 4 подгруппы:***

- до 1 включения;
- от 1 до 10 включений;
- от 10 до 50 включений;
- от 50 включений и более.

### ***3.2. По массовому выбросу (т/сут) различают шесть групп выбросов:***

- менее 0,01 включений
- от 0,01 до 0,1 включений
- от 0,1 до 1,0 включений
- от 1 до 10 включений
- от 10 до 100 включений
- от 100 включений.

Дисперсный состав пылей и туманов определяет их проникающую способность в организм человека. Особую опасность для человека представляют тонкодисперсные пыли с размером частиц от 0,5 до 10 мкм. Характерные размеры частиц некоторых примесей приведены в таблице

Таблица 1 – Размеры частиц некоторых видов твердых и жидких примесей атмосферы

Вид примеси	Размер частиц, мкм
Природный туман	1-14
Табачный дым	0,01-0,1
Земляная пыль	1-100
Бактерии	1,0-10
Масляный туман	0,03-1,0
Промышленный дым	1,0
Промышленная пыль	0,01-4000

В состав веществ загрязняющих атмосферу, входят:

1. Оксид углерода (CO) – бесцветный газ, не имеющий запаха. Воздействует на нервную и сердечно-сосудистую систему, вызывает удушье.

2. Оксиды азота  $N_xO_y$

Основной выбрасываемый оксид  $NO_2$  - не имеет цвета и запаха, очень ядовит. При контакте с влажной поверхностью образуются кислоты  $HNO_3$ ;  $HNO_2$ .

3. Диоксид серы  $SO_2$  - бесцветный газ с острым запахом, при концентрации  $50 \text{ мг/м}^3$  образуются кислоты  $H_2SO_3$ ;  $H_2SO_4$ ;

4. Углеводороды (пары бензина, пентан, гексан и др).

5. Альдегиды (формальдегид).

6. Атмосферная пыль различного происхождения и химического состава.

**В среднем в год выбрасывается следующее количество перечисленных веществ (т/год):**

Оксид углерода CO от 2 до  $3 \cdot 10^8$

Диоксид углерода  $CO_2$  от 120 до  $170 \cdot 10^8$

Оксиды азота NO от 0,4 до  $0,8 \cdot 10^8$

Оксиды серы SO от 0,8 до  $1,5 \cdot 10^8$

Твердые частицы от 8 до  $26 \cdot 10^8$

Наибольшая концентрация каждого вредного вещества не должна пре-

вышать максимальной разовой предельно допустимой концентрации (ПДК).

При одновременном присутствии в атмосфере нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным действием их безразмерна, суммарная концентрация не должна превышать единицы при расчете по формуле:

$$C_1/ПДК_1+C_2/ПДК_2\dots C_n/ПДК_n \leq 1$$

$C_{1.2.3}$  - фактическая концентрация вредных веществ мг/м<sup>3</sup>

$ПДК_{1.2.3}$  - предельно-допустимые концентрации этих веществ , мг/м<sup>3</sup>

## **2. Очистка выбросов от газообразных и парообразных примесей**

Процессы очистки технологических и вентиляционных выбросов машиностроительных предприятий от газо- и парообразных примесей характеризуется рядом особенностей:

1. Газы, выбрасываемые в атмосферу, имеют недостаточно высокую температуру и содержат большое количество пыли, что существенно затрудняет процесс газоочистки и требует предварительной подготовки отходящих газов;

2. Концентрация газообразных и пылеобразных примесей чаще в вентиляционных и реже в технологических выбросах обычно переменна и очень низка.

Методы очистки промышленных выбросов по характеру протекания физико-химических процессов делятся на четыре группы:

- ▶ промывка выбросов растворителями примесей (метод абсорбции);
- ▶ промывка выбросов растворами реагентов связывающих примеси химически (метод хемосорбции);
- ▶ поглощение газообразных примесей твердыми активными веществами (метод адсорбции);
- ▶ поглощение примесей путем применения каталитического превращения.

## 2.1 Метод абсорбции

Сущность метода заключается в разделении газовой смеси (ГВС) на составные части путем поглощения одного или нескольких газовых компонентов этой смеси поглотителем (называемый абсорбентом) с образованием раствора.

Физическая сущность процесса абсорбции объясняется так называемой пленочной теорией, согласно которой при прикосновении жидких и газообразных веществ на поверхности раздела обеих фаз образуется жидкостная и газовая пленка.

Растворимый в жидкости компонент ГВС проникает путем диффузии сначала через газовую пленку, а затем сквозь жидкостную пленку и поступает во внутренние слои абсорбента. Для осуществления диффузии необходимо, чтобы концентрация растворимого компонента в ГВС превосходила равновесную концентрацию над жидкостью. Чем менее насыщенный раствор, тем больше он поглощает газа.

Поглощенную жидкость (абсорбент) выбирают из условия растворимости в ней поглощенного газа, температуры и парциального давления газа над жидкостью. Если растворимость газов при 0°C и парциальном давлении 101.3 кПа составляет сотни граммов на 1 кг растворителя, то такие газы называют хорошо растворимыми

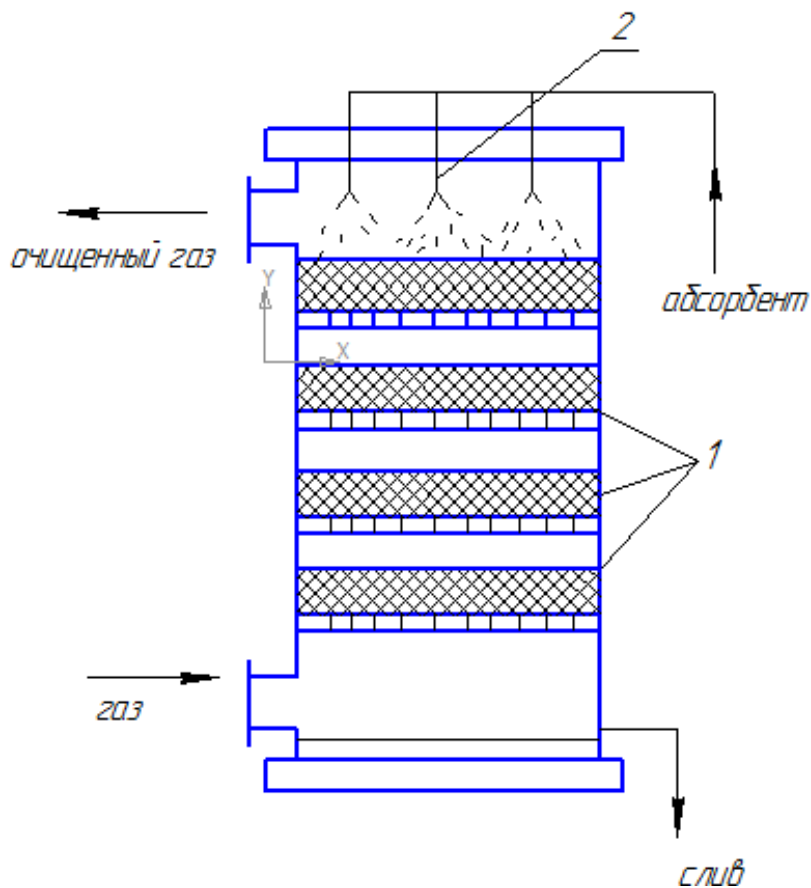
Абсорбентами служат:

- ▶ вода (для удаления технологических выбросов таких газов, как аммиак, хлористый и фтористый водород, сернистый ангидрид);
- ▶ водный раствор сернистой кислоты (для улавливания водяных паров);
- ▶ вязкие масла (для улавливания ароматических углеводородов) и другие.

Применение абсорбционных методов очистки, как правило связано с использованием схем включающих узлы абсорбции и десорбции. Десорбция растворенного газа (или регенерация растворителя) проводится либо повышением температуры, либо снижением общего или парциального) давления примеси, либо использованием этих приемов вместе.

В зависимости от конкретных задач применяются абсорберы различных конструкций: пленочные, насадочные, трубчатые и др.

Наибольшее распространение получили скрубберы; представляющие собой насадку 1 размещенную в полости вертикальной колонки. Рис.1.



1 – насадки; 2 – разбрызгиватели

Рисунок 1 – Орошаемый скруббер-абсорбер с насадкой

В качестве насадки, обеспечивающей большую поверхность контакта газа с жидкостью, обычно используют кольца Рашига, кольца с перфорированными стенками и др. Материалы для изготовления насадки (керамика, фарфор, уголь, пластмассы, металлы,) выбирают исходя из соображений антикоррозионной устойчивости. Орошение колонн абсорбентом осуществляется при помощи одного или нескольких разбрызгивателей 2.

В качестве абсорберов могут использоваться и такие устройства, как мокрый скруббер Вентури, центробежные скрубберы, тарельчатые абсорберы и др.

### 2.1.1 Методика расчета абсорбера

Расчет абсорбера состоит в определении объемного расхода поглотительной жидкости ( $Q_r$ ), необходимой поверхности соприкосновения газа с жидкостью ( $F$ ) и параметров вспомогательной аппаратуры (мощностью насосов, размер баков и т.п.).

Объемный расход поглотительной жидкости рассчитывается из уравнения материального баланса процесса абсорбции - масса поглощенного компонента ( $m$ ) которая удалена из очищенного газа, должна быть равна массе этого компонента, которая перешла в жидкость (кг)

$$m = Q_r(Y_1 - Y_2) = Q_a(X_2 - X_1) \quad (1)$$

где  $Q_r$  - объемный расход очищаемого газа,  $\text{м}^3/\text{с}$

$X_1 X_2$  - начальная и конечная концентрация газообразного компонента в поглотительной жидкости,  $\text{г}/\text{м}^3$

$Y_1 Y_2$  - начальная и конечная концентрация газообразного компонента в поглотительной жидкости,  $\text{г}/\text{м}^3$

Необходимая поверхность соприкосновения газа с жидкостью определяется по формуле:

$$F = 10^3 m / (k_a \Delta p_{cp}) \quad (2)$$

где  $k_a$  - коэффициент абсорбции (коэффициент массопередачи),  $\text{кг}/\text{м}^2$

$\Delta p_{cp}$  - средняя движущая сила абсорбции, Па.

Для хорошо растворимых газов коэффициент абсорбции можно определить по формуле:

$$k_a = \frac{53,7 \cdot 10^{-6} M w^{0,75} (0,0011 T - 0,18)^{0,25}}{(13,7 + \sqrt{M}) d_{\text{ЭКВ}}^{0,25}} \quad (3)$$

где  $M$  - молекулярная масса поглощаемого компонента, кг;

$w$  - скорость газа в свободном сечении скруббера,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$T$  - абсолютная температура газа, К;

$d_{\text{ЭКВ}}^{0.25}$  - эквивалентный диаметр насадки равный учетверенному значению живого сечения насадки деленному на ее удельную поверхность, м.

Движущая сила абсорбции равна разности парциальных давлений, поглощенного компонента в газовой фазе и равновесного парциального давления этого компонента над поглотительной жидкостью.

Для подсчета средней движущей силы абсорбции следует найти среднеарифметическое значение движущей силы абсорбции исходя из ее значения на входе и выходе из аппарата. Если эти значения отличаются больше чем в два раза, то посчитывать  $\Delta p_{\text{ср}}$  следует как среднюю логарифмическую величину.

$$\Delta p_{\text{ср}} = \frac{(P_r^* - P_{\text{ж}}^*)(P_r^{**} - P_{\text{ж}}^{**})}{2.31 \lg[(P_r^* - P_{\text{ж}}^*)(P_r^{**} - P_{\text{ж}}^{**})]}$$

где  $P_r^*$  и  $P_r^{**}$  - соответственно парциальное давление поглощенного компонента в газовой базе на входе и выходе из аппарата, Па;

$P_{\text{ж}}^*$  и  $P_{\text{ж}}^{**}$  - парциальное равновесное давление поглощённого компонента над жидкостью на входе и выходе из аппарата, Па

Следует иметь ввиду что при противотоке (газ и жидкость движутся навстречу друг другу) значение  $P_{\text{ср}}$  больше, чем при прямотоке (газ и жидкость движутся в одну в сторону). Следовательно противоток, выгоднее, так как для его осуществления требуется аппаратура меньшего размера. Прямоток целесообразно применять когда равновесное давление поглощаемого компонента над жидкостью очень невелико и почти не увеличивается по мере растворения газового компонента. Обычно это осуществляется в тех случаях когда растворимый компонент газа вступает в реакции с жидкостью или ее компонентами (хемосорбция). Прямоток особенно неэффективен для плохо растворимых газов.

## 2.2 Метод хемосорбции

Основан на поглощении газов и паров твердыми и жидкими поглотителями с образованием малолетучих или малорастворимых химических соедине-



ний. Большинство реакций протекающих в процессе хемосорбции являются экзотермическими и обратимыми, поэтому при повышении температуры раствора образующиеся химическое соединение разлагается с выделением исходных элементов.

Поглотительная способность раствора в значительной мере зависит от константы равновесия химической реакции. Если при абсорбции газа А раствором хемосорбента В протекает реакция:



где n,m,a,b – стехиометрические коэффициенты, то константа равновесия:

$$k_p = \left[ \frac{a}{n} * X_x \right]^{\frac{a}{n}} \left[ \frac{b}{n} * X_x \right]^{\frac{b}{n}} \left[ (A - X_x)(B - \frac{m}{n} X_x)^{\frac{m}{n}} \right]^{-1} \quad (6)$$

где  $X_x$  – количество молей газа А, прореагировавшие с хемосорбентом В при равновесии.

Поглотительная способность хемосорбента почти не зависит от давления, поэтому хемосорбция более выгодна при небольшой концентрации вредностей в отходящих газах.

Методы абсорбции и хемосорбции, применяемые для очистки промышленных выбросов называются мокрыми.

Преимущество абсорбционных методов заключается в возможности экономической очистки большого количества газов и осуществления непрерывных технологических процессов. Эффективность мокрой очистки газов, отходящих от гальванических ванн с помощью щелевого скруббера составляет от 85% до 92% по хлористому водороду 64,6% по оксидам азота  $NO_2$

Основной недостаток мокрых методов состоит в том, что перед очисткой и после ее осуществления сильно понижается температура газов, что приводит в конечном итоге к снижению эффективности рассеивания остаточных газов в атмосфере.

## **Отчет о работе**

1. Классификация загрязнителей атмосферы.
2. Результаты расчета абсорбера согласно индивидуального задания.

## **Контрольные вопросы**

1. Как классифицируются вредные выбросы по агрегатному состоянию?
2. Как классифицируются вредные выбросы по массовому выбросу?
3. Вредные вещества, поступающие в атмосферу?
4. Какие существуют методы очистки воздуха от вредных веществ?
5. Что такое абсорбент?
6. Что такое абсорбер?
7. Какие типы абсорберов существуют?
8. В чем заключается сущность метода хемосорбции?

### РАСЧЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ПЫЛИ

#### 1. Характеристика пыли, образующейся на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях

**Пыль** – это мельчайшие твердые частицы, способные находиться в воздухе или в промышленных газах длительное время во взвешенном состоянии.

Источники образования пыли различны: энергетические установки, цементные мельницы, установки, перерабатывающие сельскохозяйственную продукцию и другие.

Вредность пыли зависит от ее химического состава, концентрации в воздухе и крупности частиц. В легких человека при дыхании задерживаются частицы размером от 0,2 до 7 мкм.

Пыль вызывает такие заболевания как: пневмокониозы, дерматиты, экземы и другие. Некоторые виды пыли могут вызывать отравления и иметь отдаленные последствия влияния на человека.

Промышленные пыли характеризуются дисперсным составом. Дисперсным составом или дисперсностью пыли называют степень ее измельчения. Дисперсный состав пыли может быть представлен в виде таблиц, математических выражений и графиков.

Для графического изображения используют интегральные и дифференциальные кривые распределения частиц по массе. Сравнительно редко дисперсный состав выражают в процентах по числу частиц. Кривые, характеризующие дисперсный состав пыли принято представлять в вероятностно – логарифмической координатной сетке. По оси абсцисс откладывают логарифмы диаметров частиц, а по оси ординат – нормальную функцию вероятностного распределения частиц (рисунок 1, приложение А)

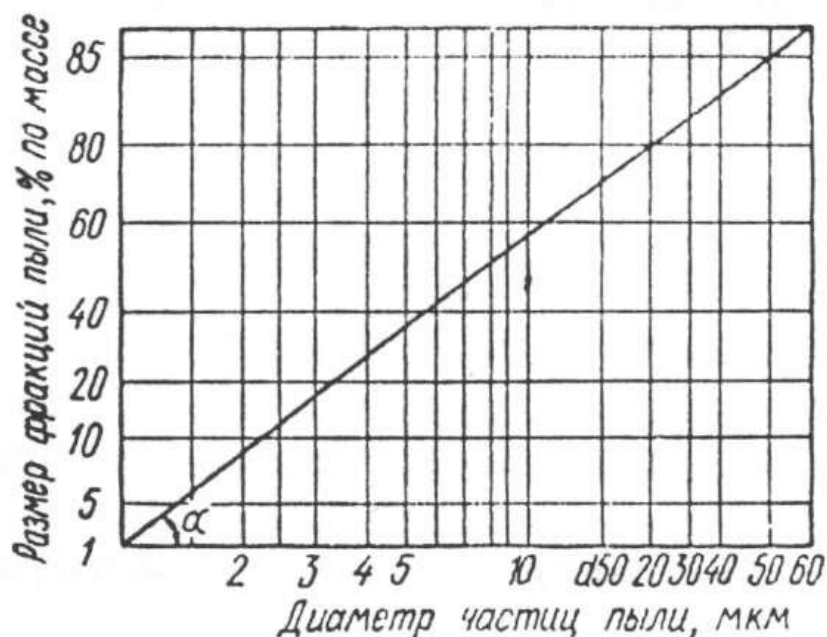


Рисунок 1 – Вероятностно – логарифмическая координатная сетка

Многочисленные исследования показывают, что точки, определяющие дисперсный состав большинства промышленных пылей, в вероятностно-логарифмической сетке располагаются близко к прямой линии. В этом случае дисперсный состав пыли будет характеризоваться двумя величинами:

- медианой распределения или медианным диаметром частиц. За медиану распределения принимают диаметр частиц пыли, при котором масса всех частиц размером менее  $d_{50}$  составляет 50% общей массы пыли;

- дисперсией  $\sigma$  (или показателем полидисперсности пыли). Дисперсия характеризуется углом наклона линии дисперсного состава к оси абсцисс и определяется из выражения:

$$\sigma = \frac{d_{50}}{d_{16}} = d_{84}/d_{50}, \quad (1)$$

где  $d_{16}, d_{84}$  - диаметры частиц, при которых масса частиц, меньших  $d_{16}$  и  $d_{84}$ , составляет соответственно от 16 до 84% общей массы пыли.

Медиану распределения и дисперсию частиц используют при расчетах пылеулавливающих устройств.

Поведение пылевых частиц в воздухе связано с их скоростью витания, которая зависит от плотности и размера частиц. Скорость витания используют в

расчетах многих пылеулавливающих аппаратов как одну из основных характеристических величин. Зная диаметр частиц, можно определить скорость витания, пользуясь номограммой, приведенной на рисунке (рисунок 2, приложение Б).

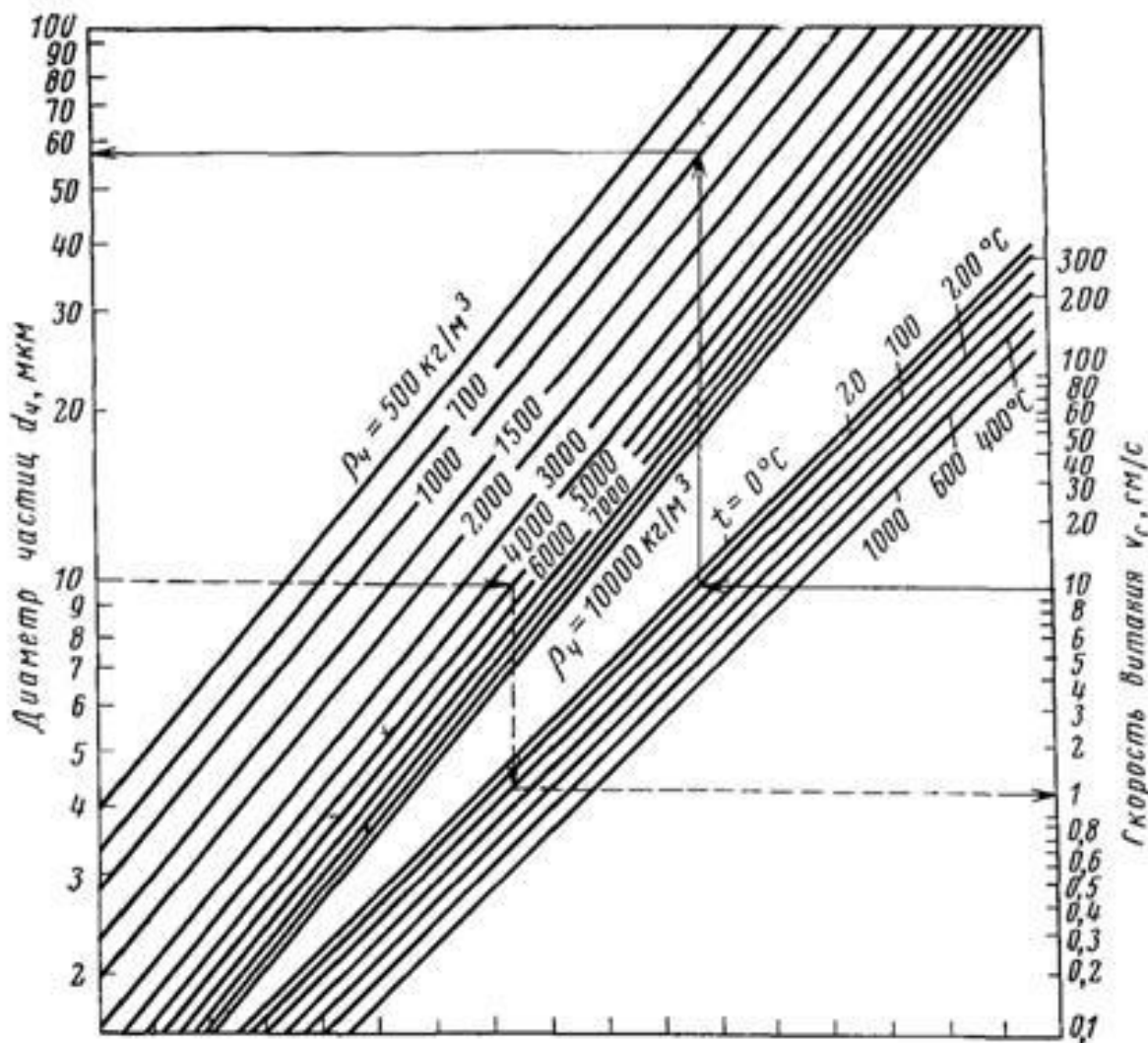


Рисунок 2 – Номограмма для определения скорости

Эта номограмма включает пыль плотностью от 500 до 1000 кг/м<sup>3</sup>.

Многие виды пылей (песок, цемент, угольная пыль и другие) обладают способностью вызывать абразивный износ оборудования. Некоторые виды пылей обладают агрессивными свойствами, вызывая коррозию металлических частей оборудования. При выборе пылеулавливающих устройств учитывают такие свойства пылей, как смачиваемость и растворимость, способность заряжаться в электрическом поле, адгезия к различным поверхностям. Отрицательным свойством пыли является их способность к воспламенению и взрыву. В за-

зависимости от величины нижнего предела воспламенения все пыли подразделяются на взрывоопасные и пожароопасные. К взрывоопасным относят пыли с нижним пределом воспламенения до  $65 \text{ г/м}^3$ , к пожароопасным - пыли с нижним пределом воспламенения выше  $65 \text{ г/м}^3$ .

В таблице 1 приведены характеристики ряда пыли (приложение В).

## **2 Характеристика пылеулавливающего оборудования**

Очистку воздуха от пыли производят с помощью специального пылеулавливающего оборудования.

В зависимости от принципа действия пылеуловители и фильтры подразделяются на классы: гравитационные, инерционные, масляные, электрические, мокрые, пористые, матерчатые, акустические, комбинированные и другие. Классификация пылеуловителей и фильтров представлена на рисунке 3.

По степени очистки воздуха от пыли пылеулавливающие аппараты подразделяются на три группы:

- грубой очистки с эффективностью пылеулавливания  $\eta =$  от 40 до 70% (пылесосаочные камеры, циклоны больших размеров и другие);
- средней очистки  $\eta =$  от 70 до 90% (циклоны, ротационные пылеуловители и другие);
- тонкой очистки  $\eta =$  от 90 до 99,9% (ячейные, рукавные, электрические, мокрые, пенные аппараты).

### ***Пылеуловители и фильтры характеризуются:***

1. Производительностью (или пропускной способностью аппарата), т.е. объемом воздуха, который способен фильтр очистить в единицу времени ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ). Пористые и матерчатые фильтры характеризуются не производительностью, а удельной воздушной нагрузкой, представляющей собой объем воздуха, в единицу времени, приходящейся на единицу фильтрующей поверхности ( $\text{м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$ ).

2. Общим коэффициентом очистки воздуха или общей эффективностью пылеулавливания аппарата, т.е. отношением массы пыли, уловленной аппара-

том, к массе поступившей в него пыли за единицу времени (выражается в относительных единицах или в процентах). Коэффициент очистки определяется по формулам, %.

$$\eta = 100 \cdot \frac{G_{ул}}{G_{вх}}; \quad (2)$$

$$\eta = 100 \cdot G_{ул} / (G_{ул} + G_{ун}) \quad (3)$$

$$\eta = 100 (G_{вх} - G_{ун}) / G_{вх} \quad (4)$$

где  $G_{вх}$ ,  $G_{ул}$ ,  $G_{ун}$  - масса пыли, поступающей в пылеуловитель с загрязненным воздухом, уловленной в нем и унесенной с отходящим воздухом, кг/ч.

$$G_{вх} = c_{вх} * Q \quad (5)$$

$$G_{ун} = c_{вых} * Q \quad (6)$$

где  $c_{вх}$ ,  $c_{вых}$  — концентрация пыли в воздухе на входе в аппарат и выходе из него мг/м<sup>3</sup> (кг/м<sup>3</sup>);

$Q$  — объем очищаемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$G_{ул}$  — определяют путем взвешивания пыли, осаждаемой в бункере.

3. Фракционным коэффициентом очистки, который выражает эффективность пылеулавливания аппарата по отношению к отдельным фракциям пыли и определяется по формуле:

$$\eta_{фр} = [\Phi_{вх} - \Phi_{вых}(1 - \eta)] / \Phi_{вх} \quad (7)$$

где  $\Phi_{вх}$ ,  $\Phi_{вых}$  - содержание фракции пыли в воздухе соответственно на входе и выходе пылеуловителя, %.

Если дисперсный состав пыли выразить в виде суммы отдельных фракций

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_n = 100, \quad (8)$$

то общий коэффициент очистки (в долях) определится по следующей формуле:

$$\eta = (\eta_{фп1} \Phi_1 + \eta_{фп2} \Phi_2 + \dots + \eta_{фпn} \Phi_n) / 100 \quad (9)$$

Эффективность пылеулавливания высокоэффективных фильтров может выражаться через коэффициент проскока  $E$ , представляющий собой отношение концентрации пыли за фильтром к концентрации пыли перед фильтром, и определяется по формуле, %:

$$E = (1 - \eta) * 100$$

При многоступенчатой очистке воздуха в нескольких аппаратах, установленных последовательно, суммарную степень очистки воздуха определяют по формуле, %:

$$\eta = [100 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n)]100 \quad (10)$$

4. Пылеёмкостью, представляющей количество пыли, которое способен уловить и удержать фильтр (г, кг).

Предельное количество накопленной пыли, отнесенное к единице фильтрующей поверхности, называется удельной пылеёмкостью ( $\text{г/м}^2$ ,  $\text{кг/м}^2$ ).

Эти характеристики обычно относят к матерчатым фильтрам.

5. Гидравлическим сопротивлением пылеуловителя, которое представляет собой разность полных давлений на входе в аппарат и выходе из него, Па:

$$P = P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}}, \quad (11)$$

При расчетах аппаратов гидравлическое сопротивление определяется в долях динамического давления по формуле:

$$P = \varepsilon P_{\text{дин}} = \varepsilon \rho v^2 / 2 \quad (12)$$

где  $P_{\text{дин}}$  - динамическое давление, Па;

$\varepsilon$  – коэффициент гидравлического сопротивления, величина которого зависит от конструкции аппарата;

$\rho$  – плотность воздуха при данной температуре,  $\text{кг/м}^3$ ;

$v$  – скорость воздуха в поперечном сечении аппарата, по отношению к которому принимается величина, м/с.



6. Расходом электроэнергии на очистку воздуха (кВт ч на 1000 м<sup>3</sup>/ч), воды (л/м<sup>3</sup>), масла (кг/год) и т.п.

7. Капитальными затратами на воздухоочистительную установку, руб.

8. Стоимостью очистки воздуха (руб. на 1000м<sup>3</sup> воздуха).

Классификация пылеулавливающих аппаратов представлена на рисунке 3 и приложении Г.



Рисунок 3 – Классификация пылеулавливающих аппаратов

## 2. Способы очистки воздуха от пыли

### 2.1. Пылеосадочные камеры (ПОК)

**Пылеосадочные камеры (ПОК)** – устройства в которых пылевые частицы отделяются от воздуха под действием силы тяжести. Они применяются чаще всего для грубой очистки загрязненного крупнодисперсной пылью воздуха.

Степень очистки воздуха в пылеосадочных камерах составляет от 60 до 80%. Скорость движения воздуха в камере выбирается из условий обеспечения ламинарного режима течения и составляет от 0,2 до 0,8 м/с. Камеры обладают невысоким сопротивлением, они просты в устройстве и эксплуатации.

Расчет пылеосадочных камер производится в такой последовательности:

Задаются минимальные размеры пылевых частиц, которые необходимо уловить в пылеосадочной камере, и находят их скорость витания по номограмме рисунка 2 или по формуле:

$$v_{\text{в}} = d^2 \rho, \quad (13)$$

где  $v_{\text{в}}$  – скорость витания, м/с;

$\rho$  – плотность материала пылевых частиц, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – динамическая вязкость среды, Па·с;

Зная объем очищаемых газов, определяют требуемую площадь осаждения по формуле:

$$S = lb = Q/(3600v_{\text{в}}), \quad (14)$$

где  $S$  – площадь осаждения, м<sup>2</sup>;

$l, b$  – длина и ширина камеры, м;

$Q$  – объем газа, проходящего через камеру, м<sup>3</sup>/ч.

Задаваясь шириной камеры находят ее длину по формуле:

$$l = S/b, \quad (15)$$

Принимая скорость движения газа в камере  $v_r$ , определяют высоту камеры по формуле:

$$h = Q/(3600*b*v_r) \quad (16)$$

где  $h$  – высота камеры в, м.

## 2.2. Ячейковые фильтры

**Ячейковые фильтры (ЯФ)** имеют конструкцию в виде металлической ячейки рамного типа, заполненную различными фильтрующими материалами: металлическими сетками, смачиваемыми висциновым или веретенным маслом (фильтры ФяР), ультратонким стекловолокном (фильтры ФяУ), виниловыми сетками (фильтры ФяВ) и модифицированным пенополиуретаном (фильтры ФяП).

ЯФ обычно собирают в панель, через которую пропускают запыленный воздух. При запылении до предельной величины фильтрующий материал либо заменяется новым (ФяУ), либо регенерируется продуванием сжатым воздухом, промывкой горячей водой или паром, выколачиванием и т.п.

Каждый тип ЯФ характеризуется определенной пылеемкостью. Ввиду небольшой пылеемкости ЯФ применяют для очистки воздуха при невысокой концентрации пыли (до  $10 \text{ мг/м}^3$ ) обычно в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха. Эффективность пылеулавливания фильтров составляет на атмосферной пыли до 80%, гидравлическое сопротивление от 40 до 60 Па (по мере накопления пыли в фильтре оно возрастает до 300 Па).

Технические данные ЯФ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические данные ячейковых фильтров

Фильтр	Заполнитель	Начальное / конечное сопротивление, Па	Пылеемкость $\text{г/м}^2$	Масса, кг
ФяР	Гофрированные металлические сетки	40/300	1500	7,9
ФяВ	Гофрированные виниловые сетки	50/300	2000	4
ФяУ	Упругое стекловолокно	40/300	400	3
ФяП	Модифицированный пенополиуретан	60/300	200	33

**Примечание.** Для всех фильтров габарит  $514 \times 514 \times 55$  мм; площадь рабочего сечения  $22 \text{ м}^2$ , пропускная способность  $1540 \text{ м}^3/\text{ч}$  при удельной воздушной нагрузке  $7000 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^2$ , эффективность очистки до 80%.

## 2.2.1 Методика расчета ячейковых фильтров

1. Определить допустимую концентрацию пыли в приточном воздухе:

$$c_{\text{пр}} = 0,3 c_{\text{пдк}}, \quad (17)$$

где  $c_{\text{пр}}$  – допустимая концентрация пыли, мг/м<sup>3</sup>;

$c_{\text{пдк}}$  – предельно допустимая концентрация пыли в рабочей зоне, мг/ м<sup>3</sup>.

2. Рассчитать требуемую эффективность очистки воздуха от пыли по формуле:

$$\eta = 100(c_a - c_{\text{пр}})/c_a \quad (18)$$

где  $\eta$  – требуемая эффективность очистки, %;

$c_a$  – концентрация пыли в очищаемом воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

3. По каталогу выбрать ЯФ, обеспечивающий требуемую степень очистки воздуха.

Зная производительность одного фильтра, подсчитать необходимое число фильтров по формуле:

$$n = Q/q, \quad (19)$$

где  $n$  – число фильтров, шт.;

$Q$  – расход очищаемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$q$  – производительность (ячейковая нагрузка ЯФ), м<sup>3</sup>/ч.

5. Определить суммарную величину фильтрующей поверхности, м<sup>2</sup>:

$$S = abn, \quad (20)$$

где  $a, b$  - размеры поперечного сечения фильтра, м.

5. Вычислить суммарную пылеемкость фильтра, г/м<sup>2</sup>:

$$\Pi = \rho S, \quad (21)$$

где  $\rho$  - удельная пылеемкость фильтра, г/м<sup>2</sup>

6. Рассчитать продолжительность эксплуатации фильтров без замены или регенерации фильтрующего материала, ч.

$$\lambda = 1000\Pi / [(C_a - C_{пр})Q], \quad (22)$$

Если продолжительность эксплуатации фильтров окажется неудовлетворительной, ее увеличивают, устанавливая большее число ячейковых фильтров.

7. Рассчитать годовой расход масла на перезарядку фильтров, кг определяют по формуле:

$$G = q_m n m, \quad (23)$$

где  $q_m$  – расход масла на одну перезарядку ЯФ, кг;

$m$  – число зарядок фильтра в год.

### 2.3 Циклоны

В центробежных пылеотделителях - циклонах отделение пылевых частиц от воздуха происходит за счет сил инерции, действующих на частицы при вращении потока очищаемого воздуха. Конструкция некоторых циклонов представлена на рисунке. Энергетические потери в циклоне характеризует коэффициент гидравлического сопротивления  $\varepsilon$ , представляющий отношение полных потерь давления в циклоне  $P_{ц}$  к динамическому давлению  $P_{д}$  в каком-либо его сечении (во входном патрубке или в поперечном сечении корпуса).

$$\varepsilon = P_{ц}/P_{д} \quad (24)$$

Величина коэффициента  $\varepsilon$  зависит от формы циклона. В таблице 3 приведены сравнительные характеристики циклонов различных типов при одинако-

вой производительности и сопротивлении в 1000Па. За объект сравнения взят циклон НИИОГАЗ ЦН-11, как наиболее эффективный и предпочтительный для применения.

Таблица 3 - Сравнительная характеристика циклонов

Тип циклона	Коэффициент гидравлического сопротивления		Относительные величины				Металлоемкость при расходе воздуха 1000 м <sup>3</sup> /ч, м <sup>2</sup>
	$\epsilon_{пл}$	$\epsilon_{вх}$	степень выноса пыли	поверхность циклона	диаметр циклона	высота циклона	
ЛИОТ	80	4,2	1,23	1,05	1,17	0,8	2,07
СИОТ	-	6	1,05	0,92	1,62	0,7	1,82
ВЦНИИОТ	-	6,7	0,93	1,05	1,25	0,91	2,22
ЦН-11	250	6,1	1	1	1	1	1,96
ЦН-15	160	7,6	0,85	0,85	0,9	0,93	1,67
ЦН-15у	170	8,2	0,66	0,66	0,92	0,7	1,29
ЦН-24	80	10,9	0,55	0,55	0,75	0,72	1,09
«Матрешка»	865	7,1	1,86	1,86	1,43	0,92	3,67
УЦ-38	1730	11,9	1,73	1,73	1,6	1,25	3,88
4 БЦШ	20	3,7	1,26	1,26	1,1	0,53	2,47
Т4/630	345	10,1	1,85	1,85	1,14	1,57	3,64

Где:  $\epsilon_{пл}$  – коэффициент сопротивления к скорости воздуха в поперечном сечении циклона;

$\epsilon_{вх}$  – коэффициент сопротивления к скорости воздуха на входе в циклон.

### 2.3.1. Методика расчета циклонов НИИОГАЗ

1. Определить фракционный коэффициент очистки циклонов НИИОГАЗ, % по формуле:

$$\eta_{\text{фр}} = 50 [1 + \phi(x)] , \quad (25)$$

где  $\phi(x)$  – функция логарифмически-вероятного распределения, определяемая в зависимости от величины  $x$  по таблице 4.

Величину  $x$  вычисляют по формуле:

$$x = \frac{\lg\left(\frac{d'}{d_{50\text{ц}} k + 10^2 \sqrt{D\mu}(\rho_n W_{\text{ц}})}\right)}{\sigma_{\text{ц}}} \quad (26)$$

где  $d'$  – наибольший диаметр частиц фракции пыли, для которой определяют коэффициент очистки, мкм;

$d_{50\text{ц}}$  – диаметр частиц, которые в условном циклоне улавливаются на 50%, мкм (данные приведены в таблице 5).

$\sigma_{\text{ц}}$  – характеристика полидисперсности пыли (дисперсия) - безразмерная величина.

$W_{\text{ц}}$  – скорость движения газов в плане корпуса циклона, м/с;

$\rho_n$  - плотность материала пыли, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – динамическая вязкость газа при заданной температуре, Па\*с;

$k$  – коэффициент, величина которого зависит от типа циклона.

Таблица 5 – Расчетные параметры циклонов НИИОГАЗ

Параметр	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-15У	ЦН-24	СКД-ЦН-33	СКД-ЦН-34
$k$	41,4	41,4	41,4	46,9	34,97	34,97
$d_{50\text{ц}}$	2,47	3,06	3,48	4,71	1,428	1,297
$\sigma_{\text{ц}}$	0,3979	0,3979	0,3979	0,3979	0,4281	0,4155
$\sigma_{\text{ц}}^2$	0,158	0,158	0,158	0,158	0,183	0,1732
$W_{\text{расч}}$	3,5	3,5	3,5	4,5	2,5	2,5

Таблица 4 – Функции логарифмически – вероятностных распределений

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
0,00	0,0000	65	0,4843
01	0,0080	66	0,4907
02	0,0160	67	0,4971
03	0,0239	68	0,5035
01	0,0319	69	0,5098
05	0,0399	0,70	0,5161
06	0,0478	71	0,5223
07	0,0558	72	0,5285
08	0,0638	73	0,5346
09	0,0717	74	0,5407
0,10	0,0797	75	0,5467
11	0,0876	76	0,5527
12	0,0955	77	0,5587
13	0,1034	78	0,5646
14	0,111-3	79	0,5705
15	0,1192	0,80	0,5763
16	0,1271	81	0,5821
17	0,1350	82	0,5878
18	0,1428	83	0,5935
19	0,1507	81	0,5991
0,20	0,1585	85	0,6047
21	0,1663	86	0,6102
22	0,1741	87	0,6157
23	0,1819	88	0,6211
24	0,1897	89	0,6265
25	0,1974	0,90	0,6319
26	0,2051	91	0,6372
27	0,2128	92	0,6424
28	0,2205	93	0,6475
29	0,2282	94	0,6528
0,30	0,2358	95	0,6579
31	0,2434	96	0,6629
32	0,2510	97	0,6680
33	0,2586	98	0,6729
34	0,2661	99	0,6778
35	0,2737	1,00	0,6827
0,36	0,2812	01	0,6875
37	0,2886	02	0,6923
38	0,2961	03	0,6970
39	0,3035	04	0,7017
0,40	0,3108	05	0,7063
41	0,3182	06	0,7109
42	0,3255	07	0,7154
43	0,3328	08	0,7199
44	0,3401	09	0,7243
45	0,3473	1,10	0,7287
46	0,3545	11	0,7330
47	0,3616	12	0,7373
48	0,3688	13	0,7415
49	0,3759	14	0,7457
0,50	0,3829	15	0,7499
51	0,3899	16	0,7540



52	0.3969	17	0,7580
53	0.4039	18	0,7620
54	0.4108	19	0.7660
55	0,4177	1.20	0.7699
56	0.4215	21	0,7737
57	0.4313	22	0.7775
58	0.4381	23	0.7813
59	0.4448	24	0.7850
0,60	0.4515	25	0.7887
61	0.4581	26	0.7923
62	0.4647	27	0,7959
63	0.4713	28	0.7995
64	0,4778	72	0.9146
1,30	0,8064	73	0,9164
31	0,8098	74	0.908!
32	0.8132	75	0,9199
33	0.8163	76	0.9216
34	0,8198	77	0.9233
35	0.8230	78	0.9246
36	0.8262	79	0,9263
37	0,8293	1.80	0.9281
38	0,8324	81	0,9297
39	0,8355	82	0,9312
1,40	0,8385	83	0,9328
4!	0.8415	84	0.9342
42	0.8444	85	0.9357
43	0,8475	86	0.9371
44	0.8501	87	0.9385
45	0.8529	88	0,9399
46	0.8557	89	0,9412
47	0.8584	1,90	0,9426
48	0,8611	91	0.9439
49	0,8638	92	0.9451
1,50	0.8664	93	0.9464
51	0,8690	94	0.9476
52	0,8715	95	0.9488
53	0,8740	96	0.9500
54	0,8764'	97	0.9512
55	0,8789	98	0.9523
56	0.8812	99	0.9534
57	0,8836	2.00	0.9545
58	0,8859	05	0.9596
59	0.8882	10	0,9643
1,60	0,8904	15	0,9684
61	0,8926	20	0.9722
62	0,8948	2,25	0.9756
63	0,8969	30	0.9786
64	0,8990	35	0,9812
65	0.9011	40	0.9836
66	0,9031	45	0,9857
67	0,9051	2.50	0.9876
68	0,9070	55	0,9892
69	0,9090	60	0.9907
1,70	0,9109	65	0.9920
71	0,9127	70	0,9931

Общую эффективность пылеулавливания определяют по формуле

$$\eta_{об} = 50[1 + \Phi(x')], \quad (27)$$

где  $\Phi(x')$  - значения приведены в таблице 4.

Величина  $x'$  находится по формуле:

$$x' = \frac{\lg\left(\frac{d_{50}}{d_{50ц}k \cdot 10^3 \sqrt{D\mu}/(\rho\eta W_{ц})}\right)}{\sigma_{ц}^2 + \lg^2\left(\frac{d_{55}}{d_{16}}\right)}, \quad (28)$$

где  $d_{50}$  - медиана распределения - диаметр частиц, при котором суммарная масса всех частиц, имеющих размер меньше  $d_{50}$ , составляет 50%

$d_{16}$  - диаметр частиц улавливаемой пыли, при котором суммарная масса всех частиц с размером меньше  $d_{16}$  составляет 16% массы всей пыли.

Иногда очистку газов от пыли осуществляют в несколько последовательно установленных циклонах различных диаметров.

В начале устанавливается циклон большего диаметра, так как с уменьшением диаметра коэффициент очистки циклонов возрастает. Общий коэффициент очистки в этом случае определяется по формуле:

$$\eta_{об} = [1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n)]100 \quad (29)$$

где  $\eta_1 \dots \eta_n$  - коэффициенты очистки соответственно в первом, втором и n-м циклоне в относительных единицах.

Гидравлическое сопротивление циклона (Па), определяют по формуле:

$$P_{ц} = \varepsilon W_{ц}^2 \rho_t / 2, \quad (30)$$

где  $\rho$  - плотность очищенных газов при  $t$  °C, кг/м<sup>3</sup>;

$W_{ц}^2$  - скорость движения воздуха на входе в циклон или в плане его корпуса, скорость в плане корпуса обычно принимают от 2,5 до 4 м/с;

$\varepsilon$  - коэффициент гидравлического сопротивления циклона по отношению к сечению входа или к сечению в плане циклона, значения приведены в таблице 3.

Гидравлическое сопротивление циклона может быть также подсчитано по формуле:

$$P_{\text{ц}} = 0.81\varepsilon q_{\text{с}}^2 / D^4 \quad (31)$$

где  $q_{\text{с}}^2$  – секундный расход газа через циклон,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$D$  – диаметр корпуса циклона, м.

#### 4. Рукавные фильтры

В Российской Федерации очистка воздуха от пыли производится путем его фильтрации через ткань, сшитую в виде отдельных рукавов и встроенную в герметичный корпус фильтра.

Очищаемый воздух отсасывается из фильтра и выбрасывается в атмосферу. Рукава периодически очищаются от осаждающейся на них пыли путем встряхивания с помощью специального механизма и обратной продувки.

Рукавные фильтры бывают всасывающего и напорного типа. Для изготовления рукавов употребляются плотные натуральные или синтетические ткани (чаще с начесом). Накапливающаяся на них пыль играет роль фильтрующего слоя, повышающего эффективность очистки фильтра.

Отечественной промышленностью выпускаются рукавные фильтры различных типов. Технические показатели рукавных фильтров приведены в таблице 6.

При невысоких концентрациях пыли в очищаемых газах рукавные фильтры являются единственной ступенью очистки, а при высоких концентрациях перед ними устанавливают циклоны.

Расчет рукавных фильтров производят в следующем порядке:

1. Определяют необходимую площадь фильтрации,  $\text{м}^2$ , по формуле:

$$S=Q/q + S_c, \quad (32)$$

где  $Q$  – расход очищаемого воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$q$  – удельная воздушная нагрузка,  $\text{м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ ;

$S_c$  – площадь ткани регенерируемой секции,  $\text{м}^2$ .

2. Определяют требуемое количество рукавных фильтров по формуле:

$$n = S/S_1 \quad (33)$$

где  $S_1$  – суммарная площадь ткани рукавов в одном фильтре,  $\text{м}^2$ .

## 5. Скрубберы Вентури

**Скрубберы Вентури** (СВ) являются высокоэффективными аппаратами, применяемыми для тонкой очистки воздуха от пыли. Вода в трубе Вентури подается под давлением от 0,3 до 0,4 МПа. Расчет скрубберов Вентури осуществляют в следующем порядке:

1. Зная расход очищаемых газов, и задавая скорость их движения в горловине трубы Вентури, определяют диаметр горловины трубы по формуле:

$$D = \sqrt{Q/900\pi v_B}, \quad (34)$$

где  $Q$  – расход газа,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$v_B$  – скорость движения газа в горловине трубы Вентури,  $\text{м}/\text{с}$ ;

2. Определяют средний диаметр капель жидкости, образующихся в трубе Вентури, по формуле:

$$D_0 = 4870/v_B + 28L^{1,5}, \quad (35)$$

где  $L$  – удельный расход жидкости,  $\text{л}/\text{м}^3$ ;

Таблица 6 - Технические показатели рукавных фильтров

Фильтр	Поверхность фильтрации, м <sup>2</sup>		Число элементов			Диаметр рукава, мм	Длина рукава, мм	Масса фильтра, кг	Мощность двигателя привода, кВт	
	общая	рабочая	секций	рукавов в секции	рукавов в фильтре				механизма встряхивания	шнека
ФВК-30	30	15	2	18	36	135	2060	1053	0,6	0,6
ФВК-60	60	45	4	18	72	135	2060	1682	0,6	0,6
ФВК-90	90	75	6	18	108	135	2060	2300	0,6	0,6
ФРМ1 -6	126	105	6	10	60	135	2060	5776	1,7	1
ФРМ1 - 8	168	147	8	10	80	135	2060	7147	1,7	1
ФРМ1 - 9	210	189	10	10	100	135	2060	8633	1,7	1
ФВВ - 45	45	30	3	18	54	135	2090	1735	0,6	—
ФВВ - 60	60	45	4	18	72	135	2090	2135	0,6	—
ФВВ - 90	90	75	6	18	108	135	2090	2935	0,6	—
ФТНС - 4	12	12	1	4	4	385	2500	19500	—	—
ФТНС - 8	24	24	2	4	8	385	2500	990	—	—
ФТНС - 12	36	36	3	4	12	385	2500	1485	—	—

2. Определяют критерий Стокса для отдельных фракций пыли по формуле:

$$S_{tr} = \rho_n v_B d_n^2 / (18 \nu \rho_r D_0) \quad (36)$$

где  $\rho_n, \rho_r$  – плотность пыли и газа, кг/м<sup>3</sup>;

$\nu$  – кинематическая вязкость газа в горловине трубы, м<sup>2</sup>/с;

$d_n^2$  – диаметр частиц пыли, мкм.

Для отдельных фракций пыли определяют фракционный коэффициент очистки по формуле:

$$\eta_{фр} = 1 - e^{-1,56 \cdot 10^3 L \sqrt{S_{tr}}} \quad (37)$$

Зная фракционный состав пыли, подсчитывают общий коэффициент очистки в скруббере Вентури:

$$\eta_{\text{об}} = \left( \frac{\eta_{\text{фр1}} \Phi_1}{100} \right) + \left( \frac{\eta_{\text{фр2}} \Phi_2}{100} \right) + \left( \frac{\eta_{\text{фрn}} \Phi_n}{100} \right) \quad (38)$$

где  $\Phi_1 \dots \Phi_n$  - содержание данной фракции пыли, %.

Сопротивление трубы Вентури подсчитывают по формуле:

$$P_{\text{общ}} = (\varepsilon_{\text{г}} \varepsilon_{\text{ж}} L) \rho_{\text{г}} v_{\text{в}}^2 / 2 \quad , (37)$$

где  $\varepsilon_{\text{г}}$  – коэффициент гидравлического сопротивления сухой трубы Вентури, принимается  $\varepsilon_{\text{г}} =$  от 0,25 до 0,3;

$\varepsilon_{\text{ж}}$  - то же при подаче жидкости в горловину;

$L$  - расход жидкости, принимается от 0,3 до 1,5 л/м<sup>3</sup> газа;

$\varepsilon_{\text{ж}} L$  - определяют по таблице 7.

Таблица 7 – Расход жидкости в зависимости от скорости газа в трубе Вентури.

Расход жидкости $L$ , л/м <sup>3</sup> газа	$\varepsilon_{\text{ж}} L$ при скорости газа в горловине трубы Вентури, $v_{\text{в}}$ м/с				
	50	70	90	110	150
0,3	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2
0,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
0,7	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
0,9	0,6	0,7	0,9	1	1,1
1,1	0,8	1	1,2	1,4	1,7
1,3	1,2	1,6	2	2,4	2,6

## 6. Примеры выполнения расчетов пылеулавливающих устройств

### 6.1. Циклоны

На цементном заводе для улавливания пылевидного продукта применены циклоны типа ЦН – 15.

Рассчитать общую и фракционную эффективность циклона ЦН – 15 диаметром 700 мм при очистке в нем воздуха в объеме 3200 м<sup>3</sup>/ч с температурой 20°С. Плотность пыли равна 3000 кг/м<sup>3</sup>.

Размеры частиц, мкм	Дисперсный состав пыли, %
от 0 до 5.....	5
от 5 до 10.....	13
от 10 до 15.....	22,5
от 15 до 20.....	15,5
от 20 до 30.....	12
от 30 до 40.....	14
крупнее 40.....	18

**РЕШЕНИЕ.**

Представляем дисперсный состав пыли виде суммарных процентов распределения частиц по массе:

менее 5 мкм.....	5
менее 10 мкм.....	18
менее 15 мкм.....	40,5
менее 20 мкм.....	56
менее 30 мкм.....	68
менее 40 мкм.....	82

На логарифмически-вероятную координатную сетку (см. рисунок) накладываем чистый лист кальки и наносим на него точки, характеризующие суммарную массу частиц по вышеприведенным данным. Соединив точки прямой, получим график дисперсного состава пыли. По графику находим дисперсию пыли  $\sigma_n$ :

$$\sigma_n = d_{50}/d_{16} = 19/8,5 = 2,24$$

Определяем условную скорость воздуха в поперечном сечении циклона:

$$W_{\text{ц}} = 3200 / \left( 3600 \frac{3,14 \cdot 0,7^2}{4} \right) = 2,31 \text{ м/с}$$

Определяем фракционный коэффициент очистки для частиц размером менее 5 мкм. Находим величину  $x$  для рассчитываемого циклона:

$$x = \lg \left( \frac{5}{3,06 \cdot 41,4 \cdot 10^3 \sqrt{0,7 \cdot 18,1 \cdot \frac{10^{-6}}{2,6} \cdot 3000}} \right) = 0,11$$

По таблице определим  $\Phi(x) = 0,0876$ . Тогда фракционный коэффициент очистки составит:

$$\eta_{\text{фр}} = 50[1 + \Phi(x)] = 50(1 + 0,0876) = 54,4\%$$

Аналогичным образом находим фракционные коэффициенты очистки для частиц размером менее 10, 15, 20, 30, 40 мкм. Результаты расчетов сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчетов

d	x	$\Phi(x)$	$\eta_{\text{фр}}, \%$
$d_5$	0,11	0,0876	54,4
$d_{10}$	0,65	0,4843	74,2
$d_{15}$	1,08	0,7199	86
$d_{20}$	1,4	0,8385	91,9
$d_{30}$	1,84	0,9342	96,7
$d_{40}$	2,16	0,9684	98,4

Находим общий коэффициент очистки воздуха в циклоне:

$$X' = \frac{\lg\left(\frac{19}{3,06 \times 41,4 \times 10^2 \sqrt{\frac{0,7 \times 18,1 \times 10^{-4}}{2,22 \times 3000}}}\right)}{\sqrt{0,158 + \lg^2 \times 2,24}} = 1,039$$

По таблице  $\Phi(x') = 0,7017$

$$\eta_{\text{об}} = 50(1 + 0,7017) = 85,1\%$$

Таким образом, общий коэффициент очистки циклона ЦН-15 диаметром 700 мм составляет 85,1%.

Выбираем величину коэффициента сопротивления циклона по таблице  $\varepsilon = 160$ , тогда сопротивление циклона составит:

$$P_{\text{ц}} = 160 \times 2,31^2 \times 1 \times 2/2 = 513 \text{ Па}$$

Расчет циклонов НИИОГАЗ можно выполнить также с помощью монограмм.



## 6.2. Расчет рукавных фильтров

Рассчитать очистку запыленного воздуха в рукавных фильтрах если объем воздуха составляет 35000 м<sup>3</sup>/ч. Подобрать марку рукавного фильтра, определить необходимое число фильтров и их воздушную нагрузку.

### **РЕШЕНИЕ.**

Выбираем удельную нагрузку на ткань  $q = 50 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ . Определяем необходимую величину фильтрующей поверхности за вычетом площади фильтрации регенерируемой секции фильтра:

$$S_{об} = S - S_c = Q/q = 35000/50 = 700 \text{ м}^3$$

Принимаем к установке рукавный фильтр ФВК-90 (см. таблица 6). Общая фильтрующая поверхность которого составляет 90, а рабочая 75м<sup>3</sup>. Тогда потребное число фильтров составит:

$$n = 700/75 = 9,33 \text{ шт.}$$

Принимаем 10 фильтров с общей фильтрующей поверхностью

$$S_{об} = 90 \cdot 10 = 900 \text{ м}^2$$

и рабочей поверхностью

$$S = 75 \cdot 10 = 750 \text{ м}^2$$

Фактическая нагрузка на ткань составит

$$q_{фр} = 35000/750 \cdot 47 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}.$$

Схемы фильтрующих устройств представлены на рисунках 4 – 9

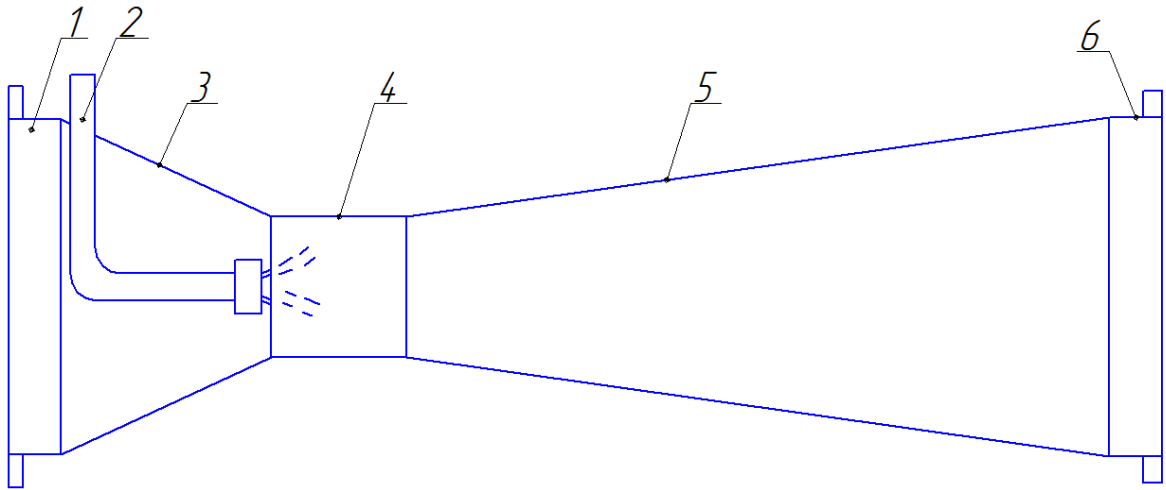


Рисунок 4. – Схема трубы Вентури:  
 1.6 – входной и выходной патрубки; 2 – форсунка; 3 – конфузур;  
 4 – горловина; 5 – фиффузор.

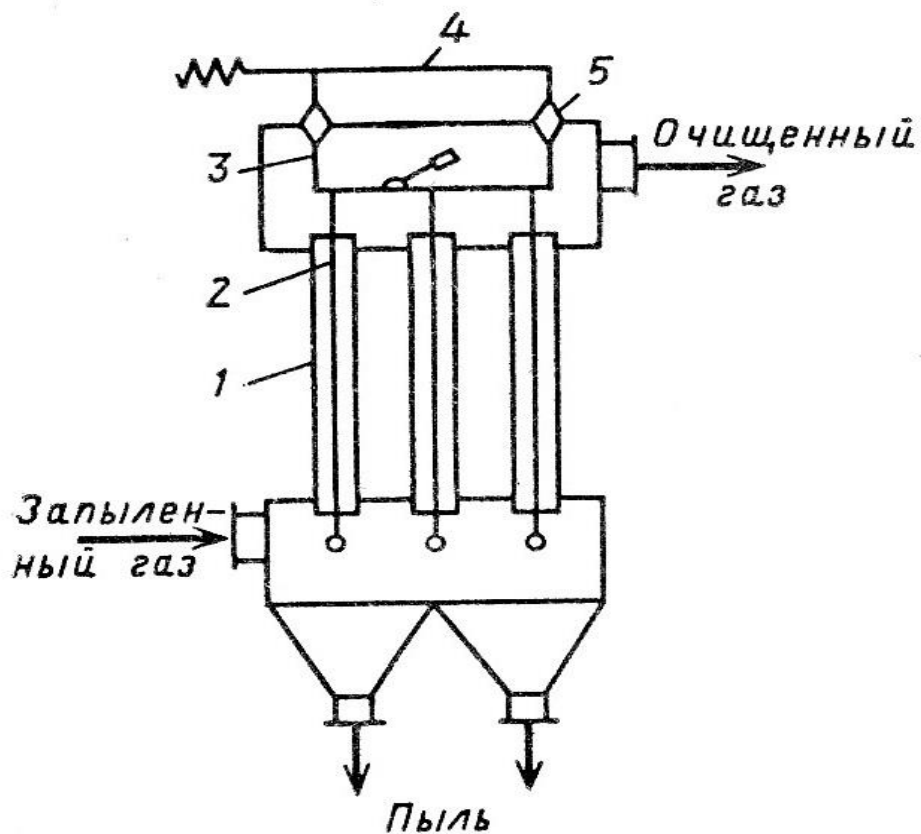


Рисунок 5 – Трубчатый электрофильтр:  
 1 – осадительный электрод; 2 – кооонирующий электрод; 3 – рама;  
 4 – встряхивающее устройство; 5 – изолятор.

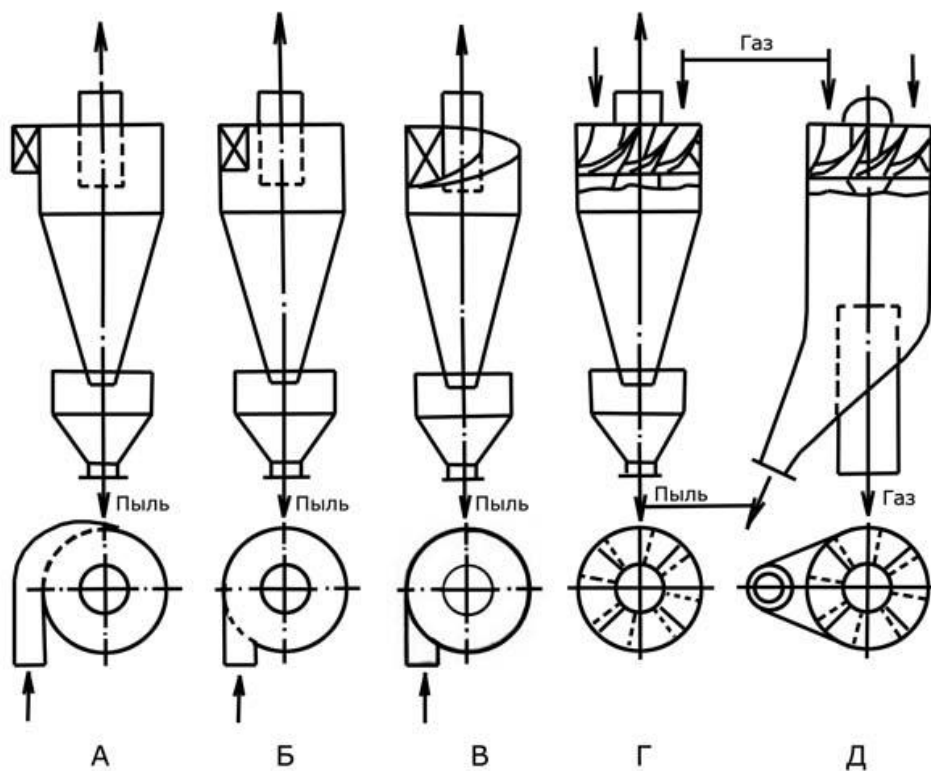


Рисунок 6 – Основные виды циклонов:  
 а – спиральный; б – тангенциальный; в -винтообразный; г – розеточный с возвратом газа; д – розеточный прямоточный.

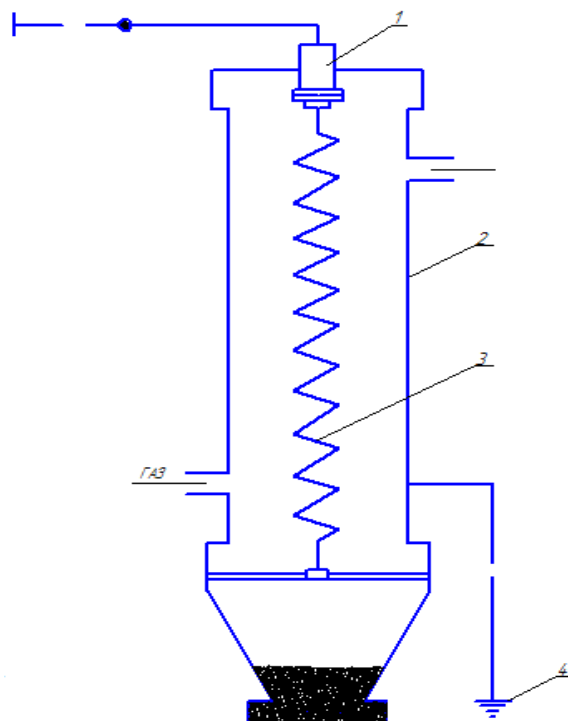


Рисунок 7 – Фильтр электрический  
 1 – изолятор, 2 – стенки фильтра, 3 – коронирующий электрод,  
 4 – заземление.

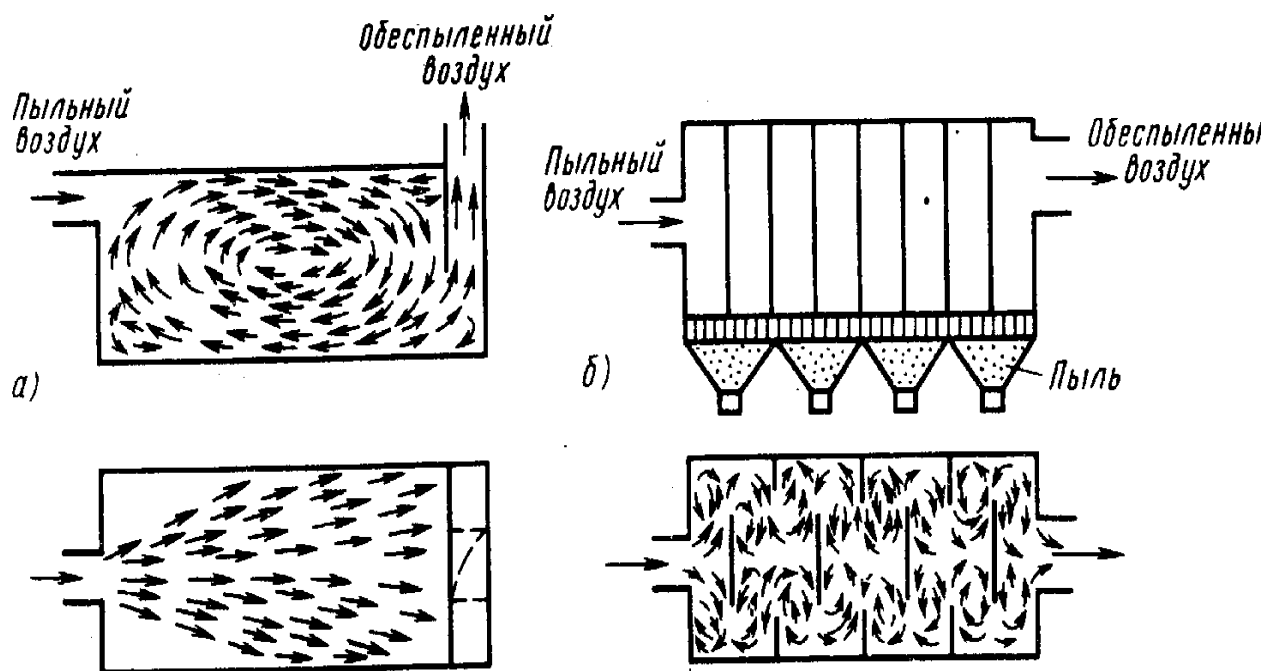
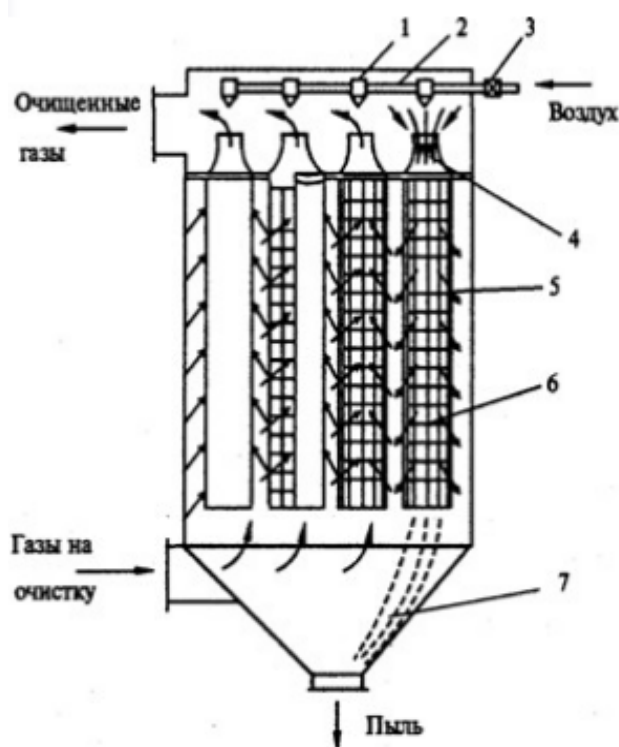


Рисунок 8 – Пылеосадочные камеры:  
а) простая; б) лабиринтная



- Каркасный рукавный фильтр с импульсной продувкой:
- 1 — сопло;
- 2 — подвод сжатого воздуха;
- 3 — соленоидный клапан;
- 4 — струя сжатого воздуха;
- 5 — рукав;
- 6 — каркас;
- 7 — бункер

Рисунок 9 – Схема рукавного фильтра

1. Изучить классификацию вредных выбросов в атмосферу;
2. Изучить методы очистки воздуха от вредных примесей (метод абсорбции и хемосорбции);
3. Изучить методику расчета абсорбера;
4. Выполнить расчеты абсорбера по индивидуальному заданию
5. Оформить отчет о работе;
6. Ответить на контрольные вопросы.

### **Отчет о работе**

1. Классификация вредных выбросов в атмосферу
2. Результаты расчета абсорбера согласно индивидуального задания.

### **Контрольные вопросы**

1. Как классифицируются вредные выбросы по агрегатному состоянию?
2. Как классифицируются вредные выбросы по массовому выбросу?
3. Вредные вещества, поступающие в атмосферу?
4. Какие существуют методы очистки воздуха от вредных веществ?
5. Что такое абсорбент?
6. Что такое абсорбер?
7. Какие типы абсорберов существуют?
8. В чем заключается сущность метода хемосорбции?

## Практическое занятие №5

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

#### Введение

**Гидросфера** – это совокупность всех вод Земли: материковых (глубинных, почвенных, поверхностных), океанических, атмосферных. Вода - бесцветна! По словам академика В.И. Вернадского: «Вода сюит особняком в истории нашей планеты ...» Откуда появилась вода на Земле? Существует гипотеза, согласно которой вода пронизывает всю нашу планету, до самых далеких ее глубин. Она образует единую дренажную оболочку Земли. Вода является главным фактором, определяющим климат Земли. Вода - единственный источник кислорода, выделяемый в атмосферу при фотосинтезе. Вода составляет от 89 до 90% массы растений и 75% массы животных. В составе человеческого тела воды 65%, без нее не совершается ни один жизненный процесс. Нарушение водного баланса ведет к серьезным сдвигам в организме человека. При утрате от 6 до 8% влаги от массы тела человек впадает в полуморочное состояние, при потере 12% и выше наступает смерть. Вода является одним из самых сложных веществ, как с физической, так и химической точек зрения. Вода относится к веществам, которые наиболее трудно получить а чистом виде. Вода - хранитель и распределитель на нашей планете солнечной энергии, главный творец климата, ежедневной погоды, аккумулятор тепла и, что особенно важно, необходимейшее условие жизни на планете. И нет на Земле ничего к чему надо было бы относиться с большим вниманием и осторожностью, чем к столь привычной для нас воде.

#### Цель работы:

Изучить источники загрязнения гидросферы, методы очистки сточных вод. Научиться делать расчеты технических средств очистки промышленных стоков.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить источники загрязнения гидросферы.
2. Изучить методы очистки сточных промышленных вод.
3. Изучить методику расчета технических средств очистки сточных вод промышленных предприятий.
4. Выполнить необходимые расчеты согласно индивидуального задания.

### **Вспомогательные материалы:**

1. Справочные данные.
2. Индивидуальное задание.
3. Калькулятор.
4. Схемы технических устройств очистки.

## **1. Использование водных ресурсов**

Ранее ошибочно полагали, что в распоряжении человечества находятся неисчерпаемые запасы пресной воды и что они достаточны для всех нужд. Однако это было глубоким заблуждением. Человечеству не угрожает недостаток воды. Ему грозит нечто худшее - недостаток чистой воды.

Проблема недостатка пресной воды возникла по следующим основным причинам:

1. Интенсивное увеличение потребностей в воде в связи с быстрым ростом народонаселения планеты и развитием отраслей деятельности, требующих огромных затрат водных ресурсов.

2. Потери пресной воды вследствие сокращения водоносности рек и других причин.

3. Загрязнение водоемов промышленными и бытовыми стоками

Потребности же в чистой пресной воде с каждым годом растут.

Затраты воды на производство 1 тонны продукции и нормы расхода воды важнейших производств представлены на рисунке 1 и 2.

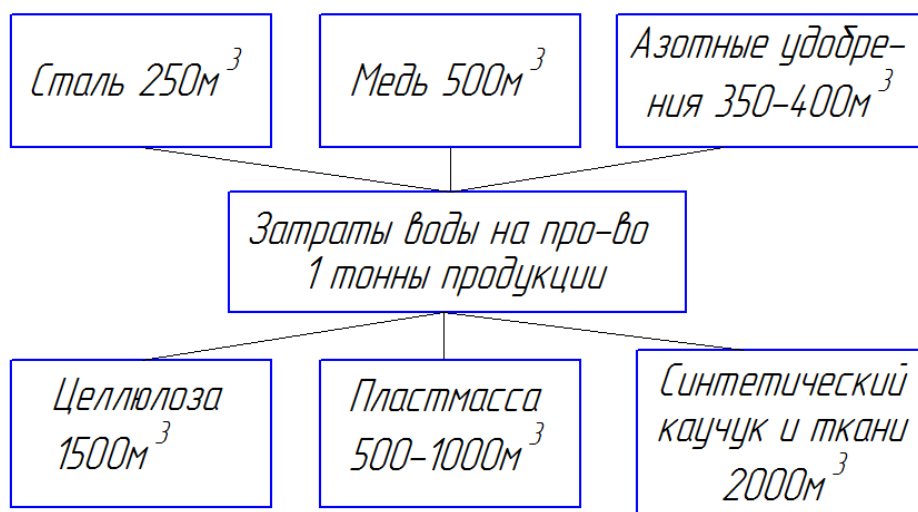


Рисунок – Затраты воды на производство 1 тонны продукции

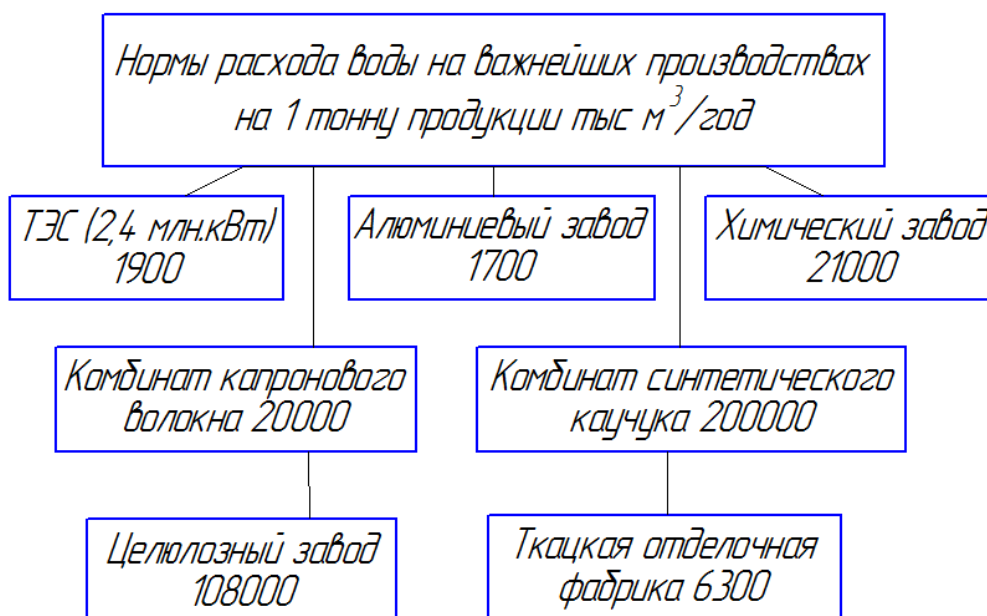


Рисунок 2 – Нормы расхода воды на важнейших производствах

В настоящее время крупным потребителем воды стало сельское хозяйство. Для получения 1 тонны пшеницы требуется  $1500\text{м}^3$  воды, а одной тонной хлопка –  $10000\text{м}^3$ .

Изменение объемов водопотребления в мире в течение XX столетия показано в таблице 1.



Таблица 1. Водопотребление в мире в течение XX века, км<sup>3</sup> в год (по И.А. Шакламову, О.Л. Марковой)

Потребители воды	1900	1950	1980	2000
Сельское хозяйство	525	1130	2280(68,9%)	3250(62,6%)
	409	859	1730(88,7%)	2500(86,2%)
Промышленность	37,2	178	710(24,7%)	1280(24,7%)
	3,5	14,5	61,9(3,1%)	117(4,0%)
Коммунальное хозяйство городов и поселков	16,1	52,0	200(3,6%)	441(8,5%)
	4,0	14	41,1(2,1%)	64,5(2,2%)

Примечание: В числителе водопотребление, в знаменателе - безвозвратное. В скобках - в процентах от суммы по всем потребителям.

## 2. Источники загрязнения воды

Источник, вносящий в поверхностные или подземные воды различные вредные вещества, микроорганизмы или тепло, называется источником загрязнения. Вещество, нарушающее нормы качества воды -загрязняющим<sup>^</sup>. Природные воды могут быть загрязнены самыми различными примесями, которые разделяют с учетом их биологических и физико-химических свойств на две группы: к первой группе относятся вещества, растворяющиеся в воде и находящиеся там в молекулярном или Ионном состоянии; ко второй группе примесей - те, что образуют с водой коллоидные системы и взвеси.

Вода может иметь загрязнения биологического характера: бактерии, вирусы, водоросли, простейшие, черви и т. д.

Основными источниками загрязнения являются:

- промышленные и коммунальные канализационные стоки,
- смыв с полей части почвы, содержащей различные агрохимикаты,
- дренажные водные системы орошения,

- стоки животноводческих ферм,
- попадание в водоемы с осадками и ливневыми стоками аэрогенных загрязнений.

Среди загрязнителей воды наибольшую опасность представляют фенолы, нефть и нефтепродукты, соли тяжелых металлов, радионуклиды, пестициды и другие органические яды, биогенная органика, насыщенная бактериями, минеральные удобрения и т. д. Общая масса основных антропогенных загрязнителей гидросферы достигла 15 млрд. тонн в год. Большая часть этих' загрязнителей приходится на реки, где средняя их концентрация достигла 400 мг/ л. В Российской Федерации в 1991 году со сточными водами было сброшено в водоемы (тыс. т): 1 200 взвешенных веществ, 190 аммонийного азота, 58 фосфора, 50 железа, 30 нефтепродуктов, 11 поверхностно-активных веществ (ПАВ), 2,1 цинка, 0,8 меди, 0,3 фенолов и т. д.

Особое место занимает загрязнение водоемов ртутью. Ртуть давно известна как яд. Главными симптомами заболевания являются сужение поля зрения и расстройство координации движений. В легких случаях отравление у людей вызывает бессонницу, неспособность воспринимать критику, страхи, головную боль, депрессию и неадекватные эмоциональные реакции.

Ртуть поступает в природные воды из многих источников. Во время дождя ртуть вымывается из воздуха, куда она попадает при сгорании ископаемого топлива, дождевая вода смывает в водоемы, содержащие ртуть пестициды, попадает с бытовыми и промышленными стоками, а также в результате утечек из свалок. Далее ртуть, попавшая в озеро много лет назад, накапливается в слоях донного ила и грязи, где она медленно превращается бактериями в ядовитую метиловую ртуть и затем включается в пищевые цепи.

К одному из видов загрязнений природных вод относятся: тепловое загрязнение. Промышленные предприятия, электростанции (ТЭС, АЭС) нередко сбрасывают в водоемы (водохранилища) подогретую воду, приводящую к повышению в них температуры.

Важным источником пресной воды в ряде регионов России являются подземные воды. Однако подземные воды в последние годы также подвергаются техногенному загрязнению из-за сильного загрязнения земли и наземных водотоков. Нередко это загрязнение настолько велико, что вода из них непригодна для питья.

Большую озабоченность вызывает судьба Мирового океана. По имеющимся оценкам, к концу XX столетия общая масса загрязняющих веществ поступающих в воды морей и океанов, возрастает по сравнению с началом 80-х годов в 1,5 – 3 раза.

### **3 Основные меры по очистке вод**

Вода обладает чрезвычайно ценным свойством непрерывного самовозобновления под влиянием солнечной радиации и самоочищения. Оно заключается в перемешивании загрязненной воды со всей ее массой и в дальнейшем процессе минерализации органических веществ и отмирании внесенных бактерий. Однако, следует учитывать, что для обеспечения самоочищения загрязненных вод необходимо их многократное разбавление чистой водой. При сильном загрязнении самоочищение воды не происходит. В этих случаях необходимы специальные методы и средства улучшения качества воды, очистки загрязнений, поступающих со сточными водами, с отходами с/х производства.

#### **3.1. Основные способы улучшения качества воды**

Способы улучшения качества воды и состав водоочистных сооружений зависят от требований, предъявленных потребителям к качеству воды и от качества природной воды.

Основные способы улучшения качества воды для хозяйственно-питьевых целей - осветление, обесцвечивание и обеззараживание.

❖ Осветление воды - удаление из нее взвешенных веществ. В зависимости от требуемой степени осветления применяют:

- 1) отстаивание воды в отстойниках;
- 2) в гидроциклонах;
- 3) осветление воды, пропуская ее через слой ранее образованного взвешенного осадка;
- 4) в осветлителях со взвешенным осадком;
- 5) фильтрование воды через слой зернистого или порошкообразного фильтрующего материала в фильтрах;
- 6) фильтрование воды через ткани и сетки.

❖ Обесцвечивание воды - устранение или обесцвечивание различных окрашенных коллоидов или истинно растворенных веществ. Для этого воду подвергают:

- 1) коагулированию;
- 2) используют различные окислители (хлор, перманганат калия, озон);
- 3) сорбенты (активированный уголь).

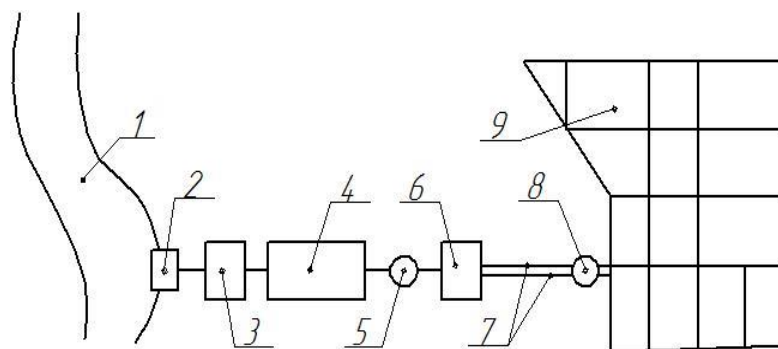
❖ Обеззараживание воды проводят для уничтожения содержащихся в ней болезнетворных вирусов и бактерий. Применяют чаще всего:

- 1) хлорирование воды;
- 2) бактерицидное облучение;
- 3) озонирование и другие способы обеззараживания.

Используют и специальные способы обработки как хозяйственно-питьевой, так и производственной воды, такие, как дезодорация - удаление привкусов и запахов. При высоком содержании в воде железа или фтора может потребоваться ее обезжелезивание (или обесфторирование). Нередко с обезжелезиванием воды проводят удаление марганца.

### 3.2. Основные технологические схемы водоподготовки

Сочетание необходимых технологических процессов и сооружений составляет технологическую схему улучшения качества воды.



Принципиальная схема водоснабжения:

- 1 – источник водоснабжения, 2 – водоприемное сооружение,  
3 – насосная станция подъема, 4 – очистные сооружения,  
5 – резервуар чистой воды, 6 – насосная станция II подъема,  
7 – водоводы, 8 – водонапорная башня, 9 – водораспределительная сеть

В практике водоподготовки технологические схемы подразделяют на:

- реагентные и безреагентные;
- по эффекту осветления;
- по числу технологических процессов и числу ступеней каждого из них;
- на напорные и безнапорные.

**1. Реагентные и безреагентные** технологические схемы применяют при подготовке воды для хозяйственно-питьевых и нужд промышленности. Данные схемы существенно отличаются друг от друга - по размерам водоочистных сооружений и условиям их эксплуатации. Для осаждения основной массы взвешенных веществ, с применением реагентов необходимо от 2 до 4 часов, а без реагентов – несколько суток. Фильтрация с использованием реагентов проходит со скоростью от 5 до 12 м/ч и более, а без реагентов (медленное фильтрование) от 0,1 до 0,3 м/ч. При обработке воды с применением реагентов водоочистные сооружения значительно меньше по объему, компактнее и дешевле, хотя и сложнее в эксплуатации.

**Безреагентные** технологические схемы (с гидроциклонами, намывными и медленными фильтрами) обычно применяют для водоснабжения небольших

водопотребителей при цветности исходной воды до 50 град, для грубого осветления воды, для водоснабжения ряда промышленных объектов.

В этих случаях достаточно одного отстаивания или одного фильтрования на грубозернистых фильтрах.

**2. По эффекту осветления** подразделяют технологические схемы для полного (глубокого) и неполного (грубого) осветления воды. При полном осветлении, очищенная вода отвечает требованиям питьевой, при неполном - содержание взвеси от 50 до 100 мг/л, поэтому такие схемы применяют для осветления хозяйственно-питьевых и промышленных вод.

3. По числу технологических процессов и числу ступеней каждого из них технологические процессы разделяют на одно-, двух- и многопроцессорные.

4. По характеру движения обрабатываемой воды технологические схемы делят на безнапорные (самотечные) и напорные.

#### 4. Методы очистки сточных вод

Сточные воды очищаются механическим, физико-химическим, биологическим и другими методами.

Для ликвидации бактериального загрязнения применяют обеззараживание или дезинфекцию сточных вод. Классификация основных методов обеззараживания сточных вод приведены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Классификация основных методов обеззараживания сточных вод

**4.1 Физико-химическая очистка** состоит в добавлении к сточным водам химических реагентов, вступающих в реакцию с загрязняющими веществами и способствующих выпадению нерастворимых а частично и растворимых веществ. В качестве адсорбентов применяют естественные и искусственные материалы. Естественные материалы - это глины, торф, а искусственные - активированные угли.

Из физико-химических методов, широко применяется очистка воды хлорированием. Физико-химический метод дает возможность уменьшить количество нерастворенных веществ сточных вод до 95% и растворенных до 25%.

**4.2 Метод биологической очистки** заключается в минерализации органических загрязнений сточных вод (СВ) при помощи аэробных биохимических процессов. После биологической очистки вода становится прозрачной, не загнивающей, содержащей нерастворенный кислород и нитраты. Существуют следующие типы биологических устройств по очистке сточных вод: биофильтры, аэротенки и биологические пруды.

В биофильтрах сточные воды пропускаются через слой крупнозернистого материала, покрытого тонкой бактериальной пленкой; (благодаря ей интенсивно протекают процессы биохимического окисления).

Аэротенки - это железобетонные резервуары больших размеров, через которые протекают сточные воды, смешанные с активным илом (ил является очищающим началом аэротенков). В результате прохождения через аэротенки содержание органического вещества в стоках сокращается на 90%.

Биологические пруды - это неглубокие земляные резервуары, обычно глубиной от 0,5 до 1 м, в которых происходят те же процессы, что и при самоочищении водоемов. Они работают при температуре 6°C.

**4.3 Механический метод** заключается в том, что из сточных вод путем отстаивания и фильтрации удаляются механические примеси рисунок 4.

В зависимости от размеров, грубодисперсные частицы улавливаются решетками и сетками различных конструкций, а поверхностные загрязнения -

нефтеловушками, маслоуловителями, смолоуловителями и т. д. Механической очисткой можно достигнуть выделения из бытовых сточных вод до 60% нерастворимых примесей, а из производственных - до 95%.

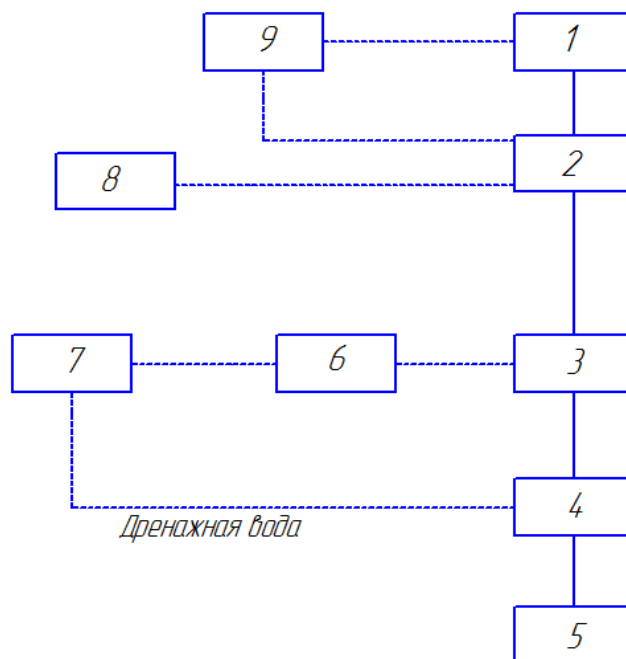


Рисунок 4 – Схема станции с механической очисткой сточных вод  
1 – решетка; 2 – песколовка; 3 – отстойник; 4 – хлораторная;  
5 – контактный резервуар; 6 – метантанк; 7 – иловые площадки;  
8 – песковые площадки; 9 – дробилка

Для очистки сточных вод от взвешенных веществ используют процеживание, отстаивание, обработку в поле центробежных сил и фильтрование.

#### 4.3.1. Отделение механических примесей в поле действия центробежных сил

Очистку сточных вод в поле действия центробежных сил осуществляют в открытых или напорных гидроциклонах и центрифугах. Открытые гидроциклоны применяют для выделения из сточной воды крупных твердых примесей со скоростью осаждения не более 0,02 м/с. Такие гидроциклоны имеют большую производительность и малые потери напора не превышающие 0,5 МПа.



### 4.3.2. Методика расчета открытого гидроциклона

Открытый гидроциклон рисунок 5 состоит из входного патрубка 1, кольцевого водослива 2, патрубка 3 для отвода очищенной воды и шламоотводящей трубы 4.

Существуют открытые гидроциклоны с нижним отводом очищенной воды, а также гидроциклоны с внутренней цилиндрической перегородкой.

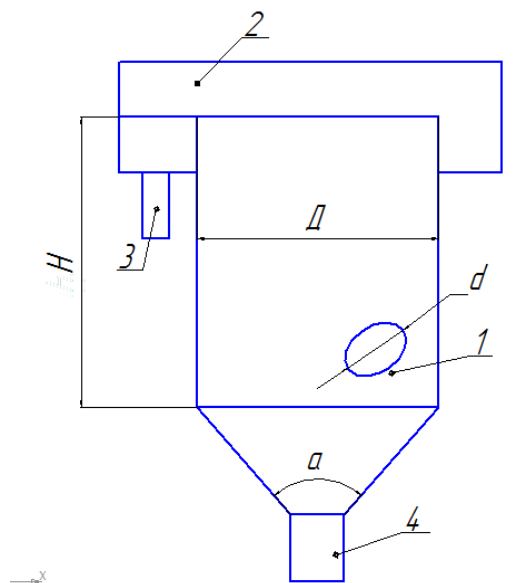


Рисунок 5 – Схема открытого гидроциклона:  
1 – входной патрубок; 2 – кольцевой водослив, 3 – патрубок;  
4 – шламоотводящая труба

Эффективность очистки сточных вод от твердых частиц в гидроциклонах зависит от состава примесей (материала, размера, формы частиц и др.), а также от конструктивных и геометрических характеристик гидроциклона.

Производительность открытого гидроциклона определяют по формуле:

$$Q = 0,785 * q * D^2, \quad (1)$$

где  $Q$  – производительность открытого гидроциклона,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$q = 7.15Wo$  – удельный расход воды для гидроциклона с внутренней цилиндрической перегородкой,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$q = 4.32Wo$  – для гидроциклона без внутренней цилиндрической перегородки,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$W_0$  – скорость свободного осаждения частиц в воде, м/с;

$D^2$  – диаметр цилиндрической части гидроциклона, м;

$d$  – диаметр входного отверстия, м.

Для проектирования открытых гидроциклонов рекомендуется следующие его геометрические характеристики:  $D = 2 \dots 10$  м;  $H = D$ ;  $d = 0.1 D$  при одном отверстии и  $d = 0.0707 D$  при двух входных отверстиях; угол конической части  $\alpha = 60^\circ$ .

Конструктивная схема напорного гидроциклона представлена на рисунке 6. Он обеспечивает очистку сточной воды от твердых частиц и нефтепродуктов.

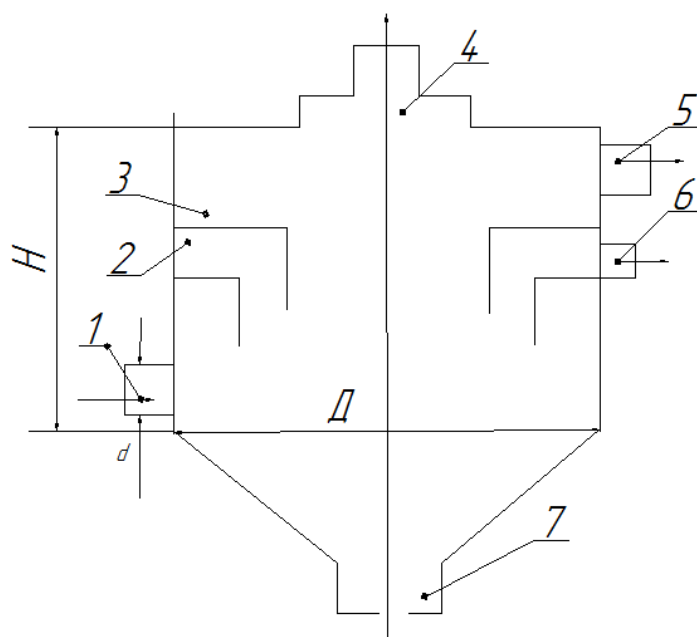


Рисунок 6 – Схема комбинированного гидроциклона:  
1 – входной трубопровод; 2 – камера; 3 – приемная камера;  
4,5,6 – трубопроводы; 7 – шламособорник.

Сточная вода через установленный тангенциально по отношению к корпусу гидроциклона входной трубопровод 1 поступает в гидроциклон. Вследствие закручивания потока сточной воды твердые частицы отбрасываются к стенкам гидроциклона и стекают в шламособорник 7, откуда они периодически удаляются. Сточная вода с содержащимися в ней нефтепродуктами движется вверх. При этом вследствие меньшей плотности нефтепродуктов они концентрируются в ядре закрученного потока, который поступает в приемную камеру

3, и через трубопровод 5 маслопродукты выводятся из гидроциклона для последующей утилизации. Сточная вода, очищенная от твердых частиц и маслопродуктов, скапливается в камере 2, откуда через трубопровод 6 отводится для дальнейшей очистки. Трубопровод 4 с регулируемым проходным сечением предназначен для выпуска воздуха, концентрирующегося в ядре закрученного потока очищенной воды.

Производительность напорного гидроциклона определяют по формуле:

$$Q = K D d^* \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}}, \quad (2)$$

где –  $K$  - коэффициент, зависящий от условий входа воды в гидроциклон;

$D = 0,125 \dots 0,6$  м и  $\alpha = 30^\circ$ ,  $K = 0,524$ ;

$\Delta p$  – перепад давлений воды в гидроциклоне, Па;

$\rho$  – плотность очищенной сточной воды, кг/м<sup>3</sup>;

$D$  – диаметр цилиндрической части гидроциклона, м;

$d$  – диаметр входного отверстия, м.

Напорные гидроциклоны используют для очистки сточных вод прокатных цехов с концентрацией твердых частиц и маслопродуктов соответственно от 0,13 до 0,16 и от 0,01 до 0,015 кг/м<sup>3</sup> и эффективностью их очистки 0,7 и 0,5.

При расходе очищаемой сточной воды 5 м<sup>3</sup>/ч перепад давлений в гидроциклоне составляет 0,1 МПа.

На практике используются многоярусные гидроциклоны. Они представляют собой устроенные в камере гидроциклона несколько секций (ярусов), через которые последовательно проходит очищенная сточная вода. Это позволяет более полно использовать объем гидроциклона и уменьшить время пребывания жидкости в циклоне. Величина удельного расхода  $q$  через многоярусные гидроциклоны изменяется в пределах от 0,00028 до 0,0056 м/с.

Для очистки механических примесей больших объемов сточных вод используют центрифуги, где отделение примесей происходит в поле действия центробежных сил.

Центрифуги применяют в химической, нефтеперерабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

#### **4.4. Фильтрация**

Фильтрация применяют для очистки сточных вод от тонкодисперсных примесей с малой их концентрацией. Её используют как на начальной стадии очистки сточных вод, так и после некоторых методов физико-химической и биологической очистки. Для очистки сточных вод применяют в основном два типа фильтров: зернистые, в которых очищаемую сточную воду пропускают через насадки несвязанных пористых материалов (песок, шлак, гравий, антрацит и т.п.) и микрофильтры, фильтроэлементы которых изготавливают из связанных пористых материалов (сеток, натуральных и синтетических тканей, спеченных металлических порошков и т.п.).

На рисунке 7 представлена схема фильтра-сепаратора с фильтровальной загрузкой из частиц пенополиуретана, предназначенного для очистки сточных вод от маслопродуктов и твердых частиц. Сточную воду по трубопроводу 5 подают на нижнюю опорную решетку 4. Затем вода проходит через фильтровальную загрузку в роторе 2, верхнюю решетку 4 и очищенная от примесей переливается в приемный кольцевой карман 6 и выводится из корпуса 1. При концентрации маслопродуктов и твердых частиц до 0,1 кг/м<sup>3</sup> эффективность очистки составляет 0,92 и 0,9, а время непрерывной эксплуатации фильтра.

Достоинством данной конструкции являются простота и большая эффективность регенерации фильтра.

При включении электродвигателя 7 вращается ротор 2 с фильтрующей загрузкой. В результате частицы пенополиуретана под действием центробежных сил отбрасываются к внутренним стенкам ротора, выжимая из него маслопродукты, которые поступают в карманы 3 и направляются на регенерацию.

Время полной регенерации фильтра 0,1 часа.

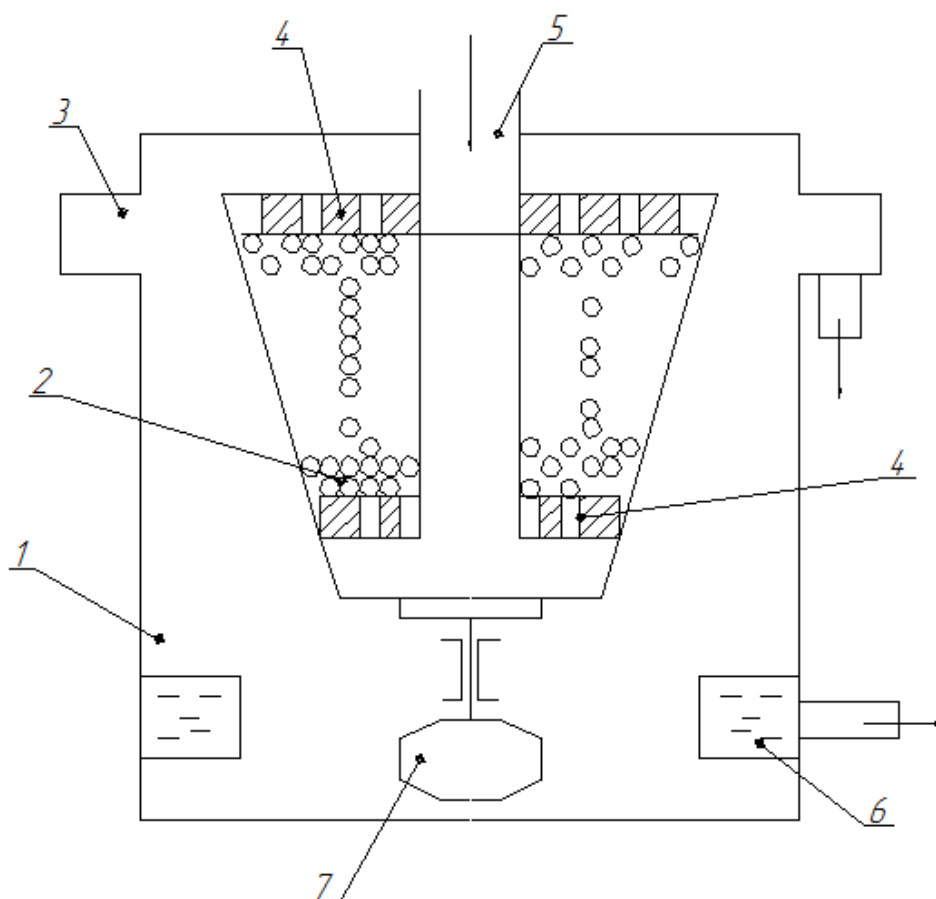


Рисунок 7 – Схема фильтра-сепаратора:  
 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – карманы; 4 – верхняя решетка; 5 – трубопровод;  
 6 – приемный кольцевой карман; 7 – электродвигатель.

Загрязненные сточные воды очищают также электролитическим методом (пропусканием электрического тока через загрязненные воды), а также применением ультразвука, озона ионообменных смол и высокого давления.

### 5. Пример решения задач

Объем промышленных сточных вод, автотранспортного предприятия составляет  $267000 \text{ м}^3/\text{год}$ . Необходимо подобрать, для установки в технологическую схему очистки, открытый гидроциклон, скорость осаждения примесей в котором равна  $0,015 \text{ м/с}$ . Рассчитать его геометрические характеристики производительность. По полученным результатам сделать выводы, Угол конической части равен  $60^\circ$ .

**РЕШЕНИЕ:**

ДАНО:  $G = 267\ 000\ \text{м}^3/\text{год}$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$w_0 = 0.015\ \text{м/с}$$

ОПРЕДЕЛИТЬ:  $Q = ?$  ;  $d = ?$  ;  $H = ?$  ;  $D = ?$  .

1. Согласно рекомендаций диаметр цилиндрической части гидроциклона должен быть в пределах от 2 до 10 м. Выбираем  $D = 2,5$  м.

2. Определим высоту ( $H$ , м) гидроциклона;  $H = D$ ;  $H = 2,5$  м.

3. Определим диаметр входного патрубка  $d$ , м:

$$d = 0.1D,$$

где  $D$  – диаметр цилиндрической части гидроциклона, м

$$d = 0.1 * 2.5 = 0.25\ \text{м}$$

4. Вычислим производительность гидроциклона  $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$

$$Q = 0.785 * q * D^2,$$

где  $q$  – удельный расход воды, м/с, для гидроциклона без внутренней цилиндрической перегородки,  $q = 4.32 * w_0$ ,

где  $w_0$  – скорость осаждения примесей, м/с;

$$q = 4,32 * 0,015 = 0,0648\ \text{м/с},$$

$$Q = 0,785 * 0,0648 * 6,25 = 0,318\ \text{м}^3/\text{с}$$

5. Определим производительность гидроциклона в час  $Q_1$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$Q_1 = 0.318 * 3600 = 1144.53\ \text{м}^3/\text{ч}$$

6. Вычислим, сколько потребуется времени для очистки имеющегося количества сточных вод  $t$ , ч:

$$t = G/Q_1,$$

где  $G$  – объем промышленных сточных вод,  $\text{м}^3/\text{год}$

$$t = 267000/1144.53 = 233 \text{ ч.}$$

**ВЫВОД:** для очистки 267 000м<sup>3</sup> сточных вод потребуется 233 часа работы, гидроциклона с данными характеристиками, в год.

### **Отчет о работе**

1. Краткий конспект источников загрязнений гидросферы;
2. Краткий конспект методов очистки промышленных сточных вод;
3. Выполнить расчет технического средства механической очистки сточных вод согласно индивидуального задания.

### **Контрольные вопросы:**

1. Назовите основные источники загрязнения гидросферы;
2. Назовите основные методы очистки промышленных сточных вод;
- 3 . Какие применяются технические средства для очистки промышленных сточных вод.
4. Назовите на чем основан принцип работы гидроциклона.
5. Назовите на чем основан принцип работы фильтра-сепаратора.

## **Практическое занятие №6**

### **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ**

#### **Введение**

**Гидросфера** – водная оболочка Земли – совокупность океанов, морей, озер, рек, ледяных образований, подземных и атмосферных вод.

Общая площадь океанов и морей в 2,5 раза превышает территорию суши. Общие запасы воды на Земле 1386 млн. км<sup>3</sup>, из них объем пресной воды составлжи 35 млн. км<sup>3</sup>, или 2,5 % общих запасов воды на Земле (основные запасы находятся в Антарктиде). Вода в природе находится в жидком, твердом и газообразном состоянии. Вода, находящаяся в атмосфере в виде пара задерживает тепловое излучение. Она является наилучшим растворителем, веществом которое нельзя заменить другим. У взрослого человека вода составляет «70% массы тела. Если человек без пищи может прожить более 50 суток, то без воды смерть наступает через 5 дней. Вода -один из важнейших факторов, определяющих размещение производственных сил, важнейшее средство производства.

#### **Цель работы:**

Изучить природные и антропогенные загрязнители гидросферы. Научиться выполнять расчеты технических средств очистки сточных вод от механических примесей.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить основные загрязнители гидросферы
2. Изучить методы очистки сточных вод от механических примесей
3. Изучить методики расчета технических средств очистки сточных вод от механических примесей
4. Выполнить расчеты технических устройств очистки сточных вод согласно индивидуального задания
5. Оформить отчет по работе
6. Ответить на контрольные вопросы.



## **Вспомогательные материалы:**

1. Справочные материалы
2. Индивидуальные задания
3. Калькулятор.

## **1 Основные источники загрязнения поверхностных водоёмов и подземных вод**

В условиях бурного развития промышленности, интенсификации с/х, расширения площади орошаемых земель, а также улучшение условий жизни людей, значительно растут водопотребление и другие формы использования водных ресурсов. Увеличение расхода воды промышленностью связано также не только с быстрым ее развитием, но и с ростом водоемкости производств, т. е. с ростом расхода воды на единицу продукции. В сельском хозяйстве основным водо-потребителем является орошение.

### **1.1 Источники загрязнения поверхностных водоемов**

Основная причина загрязнения водных бассейнов - сброс в водоемы неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод промышленными предприятиями, коммунальным и сельским хозяйством.

Сточными называются воды, используемые промышленными, коммунальными предприятиями и населением, подлежащие обязательной очистке.

В зависимости от условий образования сточные воды делятся на:

1. Бытовые (хозяйственно-фекальные) сточные воды (БСВ), 58% их состава состоит из органических веществ, 42% из минеральных.
2. Атмосферные сточные воды (АСВ) - стекают с территорий предприятий в том числе с с/х угодий.
3. Промышленные сточные воды (ПСВ):
  - воды, образующиеся в результате химических реакций;
  - воды, находящиеся в виде свободной и связанной влаги в сырье;
  - промышленные воды (после промывки сырья);

- маточные водные растворы;
- воды охлаждения и др.

Загрязнения, поступающие в сточные воды, условно можно разделить на несколько групп:

1. По физическому состоянию загрязнения делятся на: нерастворимые, коллоидные и растворимые примеси.

2. По своей природе загрязнения делятся на:

- минеральные (песок, глина, частицы руды, шлака, минеральных солей, растворы кислот, щелочей и др.);

- органические, которые в свою очередь подразделяются на:

- загрязнения растительного происхождения (остатки растений, бумаги, растительное масло и др.)

- загрязнения животного происхождения (физиологические выделения людей, животных, Остатки тканей животных, клеевые вещества и др.);

- загрязнения бактериального и биологического происхождения (различные микроорганизмы, грибки, бактерии, водоросли и другие)

Фазо-дисперсное состояние сточных вод приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация примесей по фазо-дисперсному состоянию

Группа	Степень дисперсности примесей см <sup>-1</sup>	Размер частиц, см	Краткая характеристика	
Гетерогенные системы				
1	Взвеси	$10^5$	$10^{-5}$	Суспензии и эмульсии обуславливающие мутность воды, а также микроорганизмы и планктоны
2	Коллоидные растворы	$10^5 \dots 10^6$	$10^{-5} \dots 10^{-6}$	Коллоиды и высокомолекулярные соединения, обуславливающие окисляем ость и цветность воды
Гомогенные системы				
3	Молекулярные растворы	$10^6 \dots 10^7$	$10^{-5} \dots 10^{-6}$	Газы и растворимые в воде органические вещества, придающие ей запах и привкус
4	Ионные растворы	$>10^7$	$<10^{-7}$	Соли, основания, кислоты

В настоящее время самыми распространенными химическими загрязнителями водоемов являются синтетические поверхностно-активные вещества (ПАВ), а также пестициды, крупные животноводческие комплексы, сточные воды судов, нефтесодержащие вещества.

## **1.2 Источники загрязнения подземных вод**

Подземная вода заполняя поры и трещины, образует водоносные горизонты, пласты и гидрогеологические бассейны. И хотя подземная вода намного чище озерной или речной (т. к. обладает естественной защищенностью), однако и она загрязняется. Источниками загрязнения подземных вод могут быть:

- места хранения и транспортировки промышленной продукции и отходов производства;
- аккумуляции коммунальных и бытовых отходов;
- с/х угодья, на которых применяются удобрения, пестициды и другие химические вещества;
- загрязненные участки поверхностных вод водных объектов, питающих подземные воды;
- загрязненные участки водоносного горизонта, естественно или искусственно связанного со смежными водоносными горизонтами;
- участки инфильтрации загрязненных атмосферах осадков;
- промышленные площади предприятий, поля фильтрации, буровые и другие горные выработки.

Выделяют микробное и химическое загрязнение подземных вод. В подземных водах некоторые патогенные бактерии и вирусы довольно длительно сохраняют свою деятельность (100 суток и более). Загрязнение подземных вод химическими веществами может идти через загрязненные поверхностные, которые питают подземные. В подземные воды могут поступать и ПАВ.

## **2 Очистка промышленных сточных вод**

Промышленные сточные воды очищают различными методами. Наиболее

перспективными считаются механические, химические, физико-химические, биологические и термические методы. Эти методы подразделяются на рекуперативные (извлечение из сточных вод и дальнейшая переработка ценных веществ) и деструктивные (вещества подвергают разрушению путем окисления или восстановления. Продукты разрушения удаляются из воды в виде газов или осадков).

Химическую очистку осуществляют с использованием реагентов которые вступают в химическую реакцию с вредными примесями. При химической очистке используют методы нейтрализации и окисления. Реагентами для химической очистки служат хлор, кислород, озон.

Физико-химическая очистка применяется для удаления из сточных вод суспендированных и эмульгированных примесей. К этим методам относят коагуляцию, флокуляцию, флотацию, ионный обмен, адсорбцию, экстракцию и т. д. Биохимическая очистка - обеззараживание сточных вод с помощью микроорганизмов. При биохимической очистке используют аэробные и анаэробные процессы.

Эффективность механической очистки 50-70%, химической 80-90%, физико-химической 90-95%, биохимической 85-95%.

## **2.1 Очистка сточных вод от механических примесей**

Очистка сточных вод от механических примесей в зависимости от их свойств, концентрации и фракционного состава на промышленных предприятиях осуществляются методами процеживания, отстаивания, отделения механических частиц в поле действия центробежных сил и фильтрования.

### **2.1.1 Процеживание**

Процеживание является первичной стадией обработки стоков, предназначено для выделения из сточных вод крупных нерастворимых примесей размером до 25 мм, а также более мелких волокнистых загрязнений, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистно-

го оборудования. Процеживание сточных вод осуществляется пропусканием их через решетки и волокноуловители. Решетки изготавливаются из металлических стержней, зазор между ними 5...25 мм и устанавливаются в коллекторах сточных вод вертикально или под углом 60...70°, при этом скорость сточных вод в стержнях не должна превышать 0,8... 1,0 м/с.

Расчет решеток сводится к определению числа прозоров решетки, ее ширины и потерь напора сточных вод на решетке.

Число прозоров ( $n$ ) определяется по формуле:

$$n = 1.05 \frac{Q_v}{b \cdot h \cdot w} \quad (1)$$

где  $Q_v$  – объемный расход сточной воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$b$  – ширина прозора, м;

$h$  – глубина коллектора, м;

$w$  – скорость движения сточной воды в прозорах, м/с.

Ширина решетки ( $B$ ) определяется по формуле:

$$B = b_n + \delta(n - 1) \quad (2)$$

где  $\delta$  – толщина стержня решетки, м.

Перепад давлений потока сточной воды на решетке ( $\Delta p$ ) определяется по формуле:

$$\Delta p = \xi * \frac{\rho w^2}{2} k \quad (3)$$

где  $w$  – скорость в канале перед решеткой, м/с, ( $\text{co}=0,7...0,8$  м/с);

$k$  – коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления решетки в процессе осаждения в ее прозорах примесей сточных вод,  $k=2...3$ ;

$\xi$  – коэффициент местного сопротивления решеток,

$$\xi = \beta * \left( \frac{\delta}{b} \right)^{\frac{4}{3}} * \sin \alpha \quad (4)$$

где  $\beta$  – коэффициент, характеризующий форму поперечного сечения стержней решетки: для круглых стержней ( $\beta = 1,79$ ; прямоугольных  $\beta = 2,42$ ; овальных  $\beta = 1,83$ ;

$\alpha$  – угол наклона решетки к горизонту.

В настоящее время выпускаются: вертикальные решетки марки РМ МВ-1000, применяемые при ширине и глубине сточного коллектора 1000мм; наклонные решетки марок МГ $\frac{800}{1200}$ 98, МГ $\frac{1600}{2000}$ 98, используемые при ширине канала 800 (1600) мм и глубине 1200 (2000) мм; РД-200 производительностью 60 м<sup>3</sup>/ч и диаметром сетчатого барабана 200 мм. При эксплуатации решетки должны непрерывно очищаться. Очистка решеток осуществляется как правило, механическим путем, и лишь при количестве задержанных примесей менее 0,0042 м<sup>3</sup>/ч допускается использовать решетки с ручной очисткой. Примеси снятые с решеток, измельчаются дробилками до размеров, не превышающих 10 мм, и, в зависимости от ценности направляются на переработку.

Волокноуловители применяют для улавливания волокнистых веществ, содержащихся в сточных водах.

Принцип действия основан на процеживании сточных вод через конусообразные диски с перфорацией или через специальные фильтры.

### 2.1.2 Отстаивание

*Отстаивание предназначено* для выделения из сточных вод нерастворимых частично коллоидных механических загрязнителей минерального и органического происхождения. Этот процесс основан на закономерностях осаждения твердых частиц в жидкостях. Закономерности свободного осаждения частиц практически сохраняются при объемной концентрации осаждающихся частиц до 1%, что соответствует их массовой концентрации до 2,6 кг/м<sup>3</sup> (для частиц массой 2600кг/м<sup>3</sup>). Массовые концентрации механических примесей сточных вод промышленных предприятий не превышают 10 кг/м<sup>3</sup>.

Расчет отстойников производственных сточных вод требует определения! скорости осаждения (всплытия) твердых частиц в жидкости (м/с) по формуле:

$$W = \frac{g \cdot d_{\text{ч}} (p_{\text{ч}} \cdot p_{\text{в}})}{18 \cdot \mu_{\text{ж}}} \quad (5)$$

где  $d_{\text{ч}}$  – средний диаметр частицы, м;

$p_{\text{ч}}, p_{\text{в}}$  – плотность частицы, жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu_{\text{ж}}$  – динамическая вязкость воды, Па/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Формула (5) справедлива для ламинарного движения частицы в жидкости. С ростом размера частиц скорости их осаждения возрастают и ламинарный режим течения нарушается. Для крупных частиц ( $d_{\text{ч}} > 1$  мм) скорость осаждения определяется по формуле:

$$w_{\text{в}} = k \cdot \sqrt{\frac{(p_{\text{ч}} \cdot p_{\text{в}})}{\mu_{\text{ж}}}} g d_{\text{ч}} \quad (6)$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от формы поверхности и состояния частиц,  $k=1,2...2,3$ .

Очистка производственных сточных вод отстаиванием осуществляется в песколовках, отстойниках, жиро-, нефте-, смоло- и маслоуловителях.

Схема вертикальной песколовки приведена на рисунке 1.

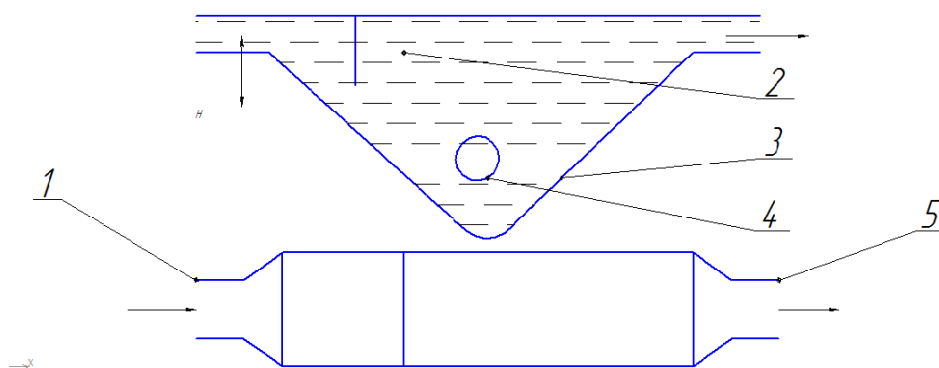


Рисунок 1 – Схема вертикальной песколовки:

1- Входная труба; 2 – перегородка; 3 – шламособорник; 4 – отверстие;  
5 – выходная труба

Песколовки используют' для очистки сточных вод от частиц металла и песка размером более 0,25 мм. В зависимости от направления движения сточной воды применяют горизонтальные песколовки с прямолинейным и круговым движением воды, вертикальные и аэрируемые. На рисунке 1 показана схема горизонтальной песколовки, ее длина ( $L$ ) определяется по формуле:

$$L = \alpha * h * \frac{W}{w_0} \quad (7)$$

где  $W$  – скорость движения воды в песколовке,  $W=0,15...0,3$  м/с;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий влияние возможной турбулентности и неравномерности скоростей движения сточной воды в песколовке,  $\alpha = 1,3...1,7$ .

Рабочую глубину песколовки  $h$  выбирают из условия  $\frac{h}{w_0} \leq \tau_{пр}$ ,

где  $\tau_{пр} = 30...100$  с;

$h$  – высота песколовки, м

Ширина песколовки определяется по формуле:

$$B = Q/n * h * w \quad (8)$$

где  $n$  – число секций в песколовке;

$Q$  – расход сточной воды, м<sup>3</sup>/с.

Удаление осажденного шлама из горизонтальных песколовок осуществляют с помощью скребковых механизмов.

Горизонтальные песколовки с круговым движением очищенной сточной воды применяют для очистки небольших расходов сточных вод. Расчет их аналогичен расчету горизонтальных песколовок с прямолинейным движением воды.

Для разделения механических загрязнителей по фракционному составу или по плотности применяют аэрируемые песколовки, представленные на рисунке 2.



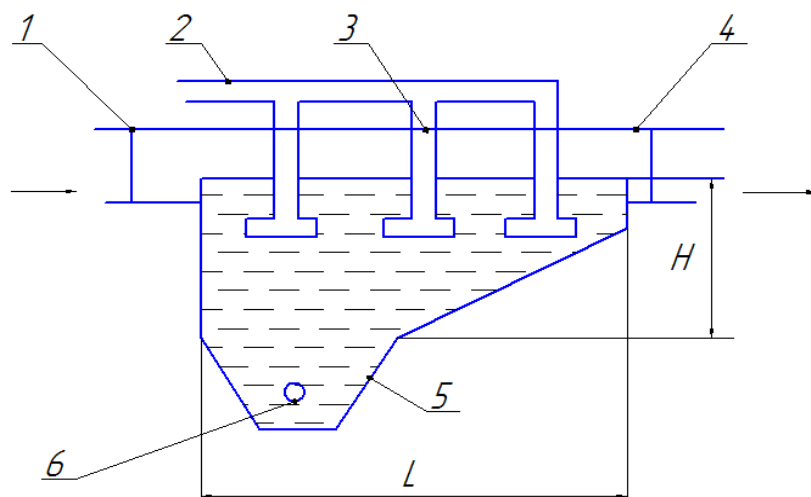


Рисунок 2 – Схема аэрируемой песколовки:  
 1 – входная труба; 2 – воздуховод; 3 – воздухораспределители;  
 4 – выходная труба; 5 – шламоборник; 6 – отверстие

В состав песколовки входит входная труба 1, воздуховод 2, воздухораспределители 3, выходная труба 4, шламоборник 5 с отверстием 6 для удаления шлама. Крупные фракции осаждаются как и в горизонтальных песколовках. Мелкие же частицы, обволакиваясь пузырьками воздуха, всплывают наверх и с помощью скребковых механизмов удаляются с поверхности.

Длина таких песколовочек определяется по формуле:

$$L = \frac{W_0 * H}{w} \quad (9)$$

Время пребывания сточной воды в песколовке ( $\tau$ ) составляет:

$$\tau = 30 \dots 90 \text{ с.};$$

$$W_0 = 0,1 \dots 0,2 \text{ м/с}$$

Удельный расход аэрируемого воздуха  $0,00083 - 0,0014 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \text{ с.}$

### 2.1.3. Отстойники

Применяют для выделения из сточных вод нерастворимых осаждающихся или всплывающих механических загрязнителей (частицы органического и

минерального происхождения со средним размером менее 250 мкм, эмульгированные масла, нефтепродукты и т. д.). По направлению движения сточной воды в отстойниках они делятся на: горизонтальные; вертикальные; радиальные; комбинированные. При расчете отстойников определяется его длина и высота. Схема горизонтального отстойника представлена на рисунке 3.

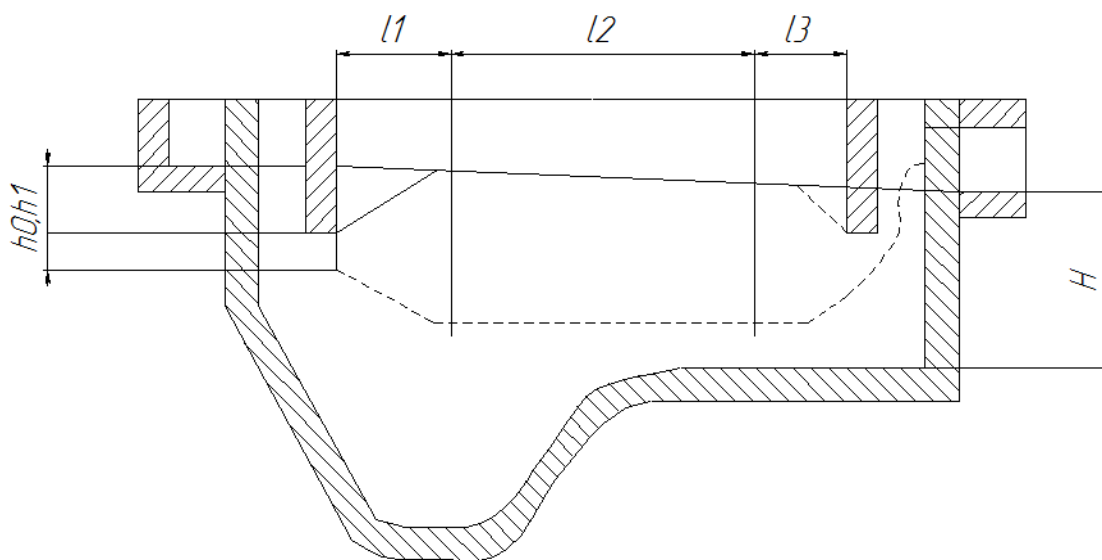


Рисунок 3. Расчетная схема горизонтального отстойника

Весь отстойник по длине разбит на три зоны:

В первой зоне длиной  $l_1$  наблюдается неравномерное распределение скоростей по глубине потока.

Длина этой зоны ( $l_1$ ) определяется по формуле:

$$l_1 = \sqrt[1.15]{\frac{H - h_0}{k}}$$

где  $H$  – рабочая высота отстойника, м;

$h_0$  – высота движущегося слоя воды в канале отстойника, м;

$h_0 = 0,25H$ ;

$k = (0,018 \dots 0,02) W_x$

$W_x$  – горизонтальная составляющая движения воды, м/с.

Во второй зоне длиной  $l_2$  скорость потока считается постоянной. При движении в этой зоне большая часть частиц загрязнений должна осесть в иловую часть отстойника, поэтому:

$$l_2 = \frac{(H - h_1) * W_x}{W_0 - 0.5 * W_x}$$

где  $h_1$  – максимально возможная высота подъема частицы в первой зоне, м.

В третьей зоне длиной  $l_3$  скорость потока увеличивается и условия осаждения частиц ухудшаются, длина этой зоны определяется по формуле:

$$l_3 = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha}$$

где  $\alpha$  - угол сужения потока жидкости в выходной части отстойника,  $\alpha = 25...30$ .

Общая длина отстойника (L) равна

$$l_1 + l_2 + l_3$$

Для расчета этой длины должны быть заданы:

- расход сточной воды;
- геометрические размеры поперечного отстойника и максимально возможная высота подъема частиц в отстойнике.

Вертикальные отстойники с восходящим направлением потока сточной воды для очистки производственных сточных вод используют редко, так как они эффективны лишь для очистки сточных вод от крупных частиц.

Радиальные отстойники обладают высокой производительностью. Схема радиального отстойника представлена на рисунке 4.

Отстойник состоит из входной трубы 1, отводящей трубы 2, шламосборника 3, канала выхода шлама 4 и механического скребка 5. Подача шлама в

шламосборник осуществляется вращающимся механическим скребком, площадь поперечного сечения отстойника определяется по формуле:

$$F = \frac{Q_v}{q}$$

где  $q$  – удельный расход сточных вод через отстойник,  $\text{м}^3/\text{м}^2\text{с}$ ;

$$q = 0,00014 - 0,00083 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{с}$$

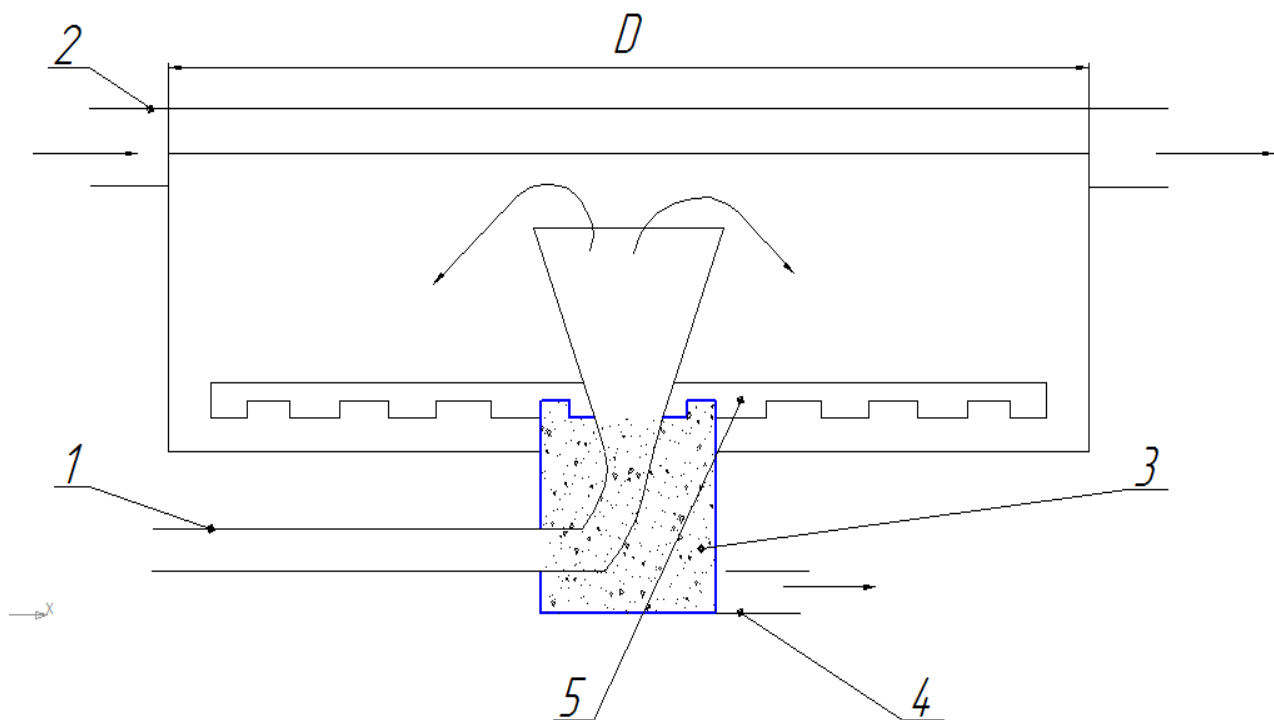


Рисунок 4 – Схема радиального отстойника представлена

Диаметр отстойника можно рассчитать по скорости осаждения наиболее мелких частиц задерживаемых отстойником по формуле:

$$D = 2 * \sqrt{\frac{Q_v}{\pi * W_B}}$$

Сегодня используются радиальные отстойники производительность от  $Q_v = 0,2 \dots 0,362 \text{ м}^3/\text{с}$

### **Отчет о работе.**

1. Краткий конспект загрязнителей поверхностных водоемов и подземных вод.
2. Краткий конспект методов очистки промышленных сточных вод.
3. Результаты расчета оборудования, применяемого для очистки промышленных сточных вод, согласно индивидуального задания.

### **Контрольные вопросы.**

1. Назовите основные загрязнители поверхностных водоемов.
2. Назовите основные загрязнители подземных вод.
3. Назовите методы очистки промышленных стоков.
4. В чем сущность механической очистки промышленных сточных вод.
5. Какие виды отстойников вы знаете.

## Практическое занятие №7

### РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИННО – ТРАКТОРНОГО ПАРКА

#### Введение

Проблема защиты окружающей среды - одна из важнейших задач современности. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра на современном этапе развития, достигли таких размеров, что в отдельных крупных промышленных центрах, уровни загрязнения существенно превышают допустимые санитарные нормы. В водоемы и реки непрерывно поступают нефть, отходы нефтепродуктов, почвенный покров наполняется различными пестицидами, засоряется промышленными отходами, мусором.

Существовавшая, до последнего времени, система природоохранных мероприятий фактически снимала с хозяйственников ответственность за состояние природной среды, т.к. контроль за природопользованием нередко осуществляли сами министерства и ведомства – потребители природных ресурсов.

Господствующая ныне в промышленности технология расточительна. Конечный продукт производства идущий -на удовлетворение потребностей, составляет лишь 1 - 1,5% объема вовлекаемых в производство природных ресурсов. Остальная масса природного вещества, побывав в производстве, поступает в отходы. Накапливаясь в местах захоронения и складирования отходы изменяют природный геохимический круговорот веществ, создают опасные концентрации веществ, пагубно влияют на экологическую обстановку отдельных регионов.

В связи с увеличением объемов отходов производства, стала рентабельной их переработка в полезные изделия, а заодно и обезвреживание. Твердые бытовые отходы содержат от 20 до 30% бумаги, от 30 до 40% – пищевых остатков, от 2 до 8% – текстиля, от 2 до 4% – древесины, от 0,3 до 2% – кожи и резины, от 1 до 4% – металла и 1,6 ... 4% стекла.

## 1.1 Классификация отходов

В процессе производства образуется большое количество отходов, которые при соответствующей обработке могут быть вновь использованы как сырье для производства промышленной продукции. В будущем большая доля потребностей в сырье будет восполняться продуктами переработки отходов промышленного производства.

Все виды промышленных отходов делятся на твердые и жидкие. К твердым отходам относятся отходы металлов, дерева, пластмасс и др. материалов, пыли минерального и органического происхождения от очистных сооружений в системах очистки газовых выбросов промышленных предприятий, а также промышленный мусор, состоящий из различных органических и минеральных веществ: резины, бумаги, тканей, шлама и т.п.

К жидким отходам относятся осадки сточных вод после их обработки, а также шламы в системах мокрой очистки газов.

Для полного использования отходов в качестве вторичного сырья разработана их промышленная классификация, например лом и отходы металлов по физическим признакам на классы, по химическому составу - на группы и марки, по показателям качества - на сорта (ГОСТ 1639-71).

Разработка мероприятий по обезвреживанию и переработке не утилизируемых промышленных отходов привела к необходимости дополнительной классификации их по гигиеническому и технологическому принципам.

Классификация промышленных отходов по гигиеническому принципу представлена в таблице №1.

Критерием определения целесообразности переработки отходов в местах их образования является количество и степень использования отходов в производстве.

Большая доля в общем объеме твердых отходов, принадлежит металлическим отходам. Отходами металлов называют промышленные отходы всех стадий передела, содержащие металл или состоящие из них получаемые при плавке и механической обработке, а также бракованные детали и изделия.

Таблица – 1 Классификация промышленных отходов по гигиеническому принципу

Категории	Хар-ка пром. отходов по виду загрязнения	Годовое накопление в стране ко всей массе отходов (%)	Рекомендуемые методы утилизации и ликвидации
1	2	3	4
Первая	Инертные	57,0	Использование для планировочных работ
Вторая	Легко разлагающиеся органические вещества	3,0	Складирование или переработка совместно с твердыми бытовыми отходами
Третья	Слаботоксичные малорастворимые в воде	30,0	Складирование совместно с твердыми бытовыми отходами
Четвертая	Нефти-масло подобные	1,5	Сжигание, в том числе с твердыми бытовыми отходами
Пятая	Токсичные со слабым загрязнением воздуха	3,0	Складирование на полигоне промышленных отходов
Шестая	Токсичные, в том числе: Минеральные; Органические.	3,5; 2,0	Групповое или индивидуальное обезвреживание на специальных сооружениях

Основными направлениями ликвидации и переработки твердых промышленных отходов (кроме метало-отходов) являются вывоз и захоронение на полигонах, сжигание, складирование и хранение до появления технологии переработки их в сырье.

Большую роль в загрязнении окружающей среды играет транспорт (в частности автомобильный). С точки зрения оценки видов и источников загрязнения окружающей среды транспортом существуют два подхода:

а) традиционный, охватывающий только собственно транспортные технологические процессы;

б) комплексный, включающий возможный круг факторов, связанных с транспортом.

При традиционном подходе учитывают поступление загрязняющих веществ в биосферу, непосредственно в результате функционирования подвижного состава (отработавшие газы транспортных двигателей, лужи). Сюда относят



случающиеся время от времени аварии транспортных средств с рассеянием в биосфере их грузов – токсичных, агрессивных, радиоактивных и прочих веществ. Подобное загрязнение происходит из – за технического несовершенства транспортных средств или ошибок персонала. Комплексный подход отличается от традиционного тем, что дополнительно учитываются загрязнение биосферы или ее изменение в результате транспортного строительства и эксплуатации транспортных предприятий, к которым должны относиться ремонтные заводы, базы, гаражи, заправочные станции и т.п.

## **1.2 Обработка твердых отходов**

Обработку целесообразно производить в местах образования отходов, что сокращает затраты на погрузочно-разгрузочные работы, снижает безвозвратные потери при их перевалке и транспортировке и высвобождает транспортные средства. Большая доля в общем объеме твердых отходов принадлежит металлическим отходам. Вторичные ресурсы металлов складываются из лома (43%) и отхода. Ломом металлов называют изношенные и вышедшие из употребления детали и изделия из металлов и сплавов. Отходами металлов, называют промышленные отходы всех стадий передела, содержащие металлы и состоящие из них, получаемые при плавке, механической обработке, а также не поддающийся брак деталей и изделий возникающий в процессе производства. Эффективность использования лома и отходов зависит от их качества. Загрязнение и засорение металл-отходов приводит к большим потерям при переработке, поэтому сбор, хранение и сдача регламентируется специальными стандартами (ГОСТ 2787-75«Лом и отходы черных металлов», ГОСТ 1639-78«Лом и отходы цветных металлов и сплавов»). Основные операции первичной обработки металл-отходов - сортировка, разделка и механическая обработка.

Отходы древесины широко используются для изготовления товаров культурно-бытового назначения и хозяйственного обихода, изготавливаемых главным образом методом прессования, в частности отходы древесины применяют-

ся в изготовлении древесностружечных плит. На большинстве предприятий древесные отходы входят в состав мусора и их переработка оказывается экономически нецелесообразной. В частности отходы древесины в сельскохозяйственном предприятии (опилки) используется как подстилка для сельскохозяйственных животных.

На каждом предприятии должна действовать жесткая система сбора, транспортировки и утилизации отходов. Заранее определяют места для сбора металлолома, отработанных нефтепродуктов, резины, химических веществ (поверхностно - активные вещества, охлаждающие жидкости), протирачного материала. Отходы производства, которые нельзя утилизировать подлежат захоронению.

Захоронение отходов должно производиться в специально отведенных местах по согласованию с органами государственного санитарного надзора.

## **2 Расчеты показателей образования отходов при эксплуатации машинно – тракторного парка**

### **2.1 Аккумуляторы**

#### **2.1.1 Свинец содержащий лом**

Количество свинец содержащего лома находится для каждого типа используемой аккумуляторной батареи по формуле

$$Q_j = \frac{N_j}{t} * m_{cpj} \quad (1)$$

где:  $Q$  – количество свинец содержащего лома, кг/год;

$N_j$  – число аккумуляторов данной марки, шт.;

$m_j$  – масса аккумулятора, кг;

$t$  – средний срок службы аккумуляторной батареи данного типа (30 мес.);

$m_{cp}$  – средняя масса аккумуляторов данной группы автомобилей, кг.

Тогда общее количество свинец содержащего лома находится как сумма найденного количества лома для каждой группы автомобилей.

$$Q = \sum_{j=1}^N Q \quad (2)$$

В пересчете на свинец по нормативу зачета при сдаче лома (30%)

$$Q_{\text{рв}} = Q * 0.8 \quad (3)$$

Количество свинец содержащего лома можно рассчитать, как количество свинец содержащего лома на единицу транспорта:

$$g = Q_{\text{рв}}/N_{\text{авт}} \quad (4)$$

где  $g$  – количество свинец содержащего лома на единицу автотранспорта, кг/год на единицу автотранспорта.

### 2.1.2 Отработанный электролит

Количество отработанного электролита для каждого типа аккумуляторов находится по формуле:

$$Q_{\text{эл } i} = N_o q_i \quad (5)$$

где  $Q_{\text{эл } i}$  – общее количества электролита данной  $i$  группы, л/год;

$q_i$  – количество электролита в составе одного аккумулятора данного типа, л;

$N_o$  – число отработанных аккумуляторов.

Общее количество отработанного электролита находится как сумма отработанного электролита каждой группы

$$Q_{\text{эл } i} = \sum_{j=1}^n Q_{\text{эл } i} \quad (6)$$

### 2.2 Отработанные моторные масла

Расчет количества отработанных масел производится по среднему удельному нормативу образования отходов масел.

При этом расчетное количество отработанных моторных масел составит:

$$Q_{\text{ом}} = q_{\text{ом}} \cdot N_{\text{тс}} * n * k * 10^{-3} \quad (7)$$

где  $Q_{\text{ом}}$  – расчетное количество отработанных масел, т/год;

$N_{\text{тс}}$  – количество средств автотранспорта;

$q_{\text{ом}}$  – удельный норматив образования отходов масел в среднем на единицу автотранспорта, кг/год;

$n$  – количество замен масла в год;

$k$  – коэффициент замены масла.

### 2.3 Автомобильные покрышки

Автомобильные покрышки выпускаются двух типов: с металлическим кордом и тканевым, поэтому при расчете отходов их учитывают отдельно. Для определения количества отходов покрышек необходимо найти число замен покрышек для каждой марки транспортных средств по формуле:

$$N = \frac{L_i}{L_{mi}} \quad (8)$$

где  $L_i$  – общий фактический пробег автомобиля данной марки, км;

$L_{mi}$  – гарантийный пробег для покрышки данного типа, тыс. км.

Количество заменённых покрышек по маркам автотранспортных средств рассчитывается по формуле:

$$N_i = N_{\text{авт}} \cdot f \cdot n \quad (9)$$

где:  $N_i$  – количество заменых покрышек по маркам, шт/год;

$f$  – число колес на транспортном средстве, шт;

$N_{\text{авт}}$  – число тракторных средств, шт;

$n$  – число замен покрышек в год для каждой марки, шт;

Масса изношенных покрышек находится по формуле:

$$G_i = m_i * N_i \quad (10)$$

где  $m_i$  – масса одной покрышки, кг.

Количество и масса изношенных покрышек в целом по предприятию должна рассчитываться отдельно для покрышек с металлокордом и тканевым кордом.

$$N = \sum_{i=1}^N N_i$$

$$G = \sum_{i=1}^G G_i \quad (11)$$

## **2.4 Отходы растворителя при промывке деталей (в том числе загрязненного дизельного топлива)**

Расчет отходов растворителя определяется по формуле:

$$Q_{\text{раст}} = V \cdot m \cdot \rho \cdot n \quad (12)$$

где:  $Q_{\text{раст}}$  – количество используемого растворителя, кг;

$m$  – % заполнения ванн растворителем;

$\rho$  – плотность растворителя, г/м. куб.;

$n$  – количество смеси растворителя в течении года, год (-1);

$V$  – объем ванны для промывки деталей, м. куб.

## **2.5 Осадки сточных вод**

### **2.5.1 Осадки от сооружений очистки сточных вод (мойки автотранспорта), сооружений очистки поверхностного стока**

В составе сооружений очистки сточных вод от мойки автотранспорта и дождевых стоков имеются сооружения механической очистки улавливающие взвешенные вещества и нефтепродукты.

Количество взвешенных веществ и нефтепродуктов улавливаемых очистными сооружениями находятся по формуле:

$$G_c^{\text{взв}} = V \cdot (C_1^{\text{взв}} - C_2^{\text{взв}}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/ГОД} \quad (13)$$

$$G_c^H = V * (C_1^H - C_2^H) * 10^{-3}, \text{ кг/год} \quad (14)$$

где:  $G_c^{взв}$ ,  $G_c^H$  – количество взвешенных веществ и нефтепродуктов, кг/год;

$V$  – объем стоков, м. куб./год;

$C_1^{взв}$ ,  $C_1^H$  – концентрация взвешенных частей и нефтепродуктов до и после очистки, мг/л.;

Тогда общее количество взвешенных веществ и нефтепродуктов определяется:

$$G_c = G_c^{взв} + G_c^H \quad (15)$$

С учетом влажности осадка реальное его количество определяется по формуле:

$$G_{вл} = \frac{G_c}{1 - v} \quad (16)$$

$v$  – влажность осадка (доля от 1,  $v < 1$ )

### 2.5.2 Осадки от сооружений очистки стоков оборотной системы водоснабжения гидрофилтров окрасочного участка

Окраска производится в окрасочных камерах, снабженных вентиляционной системой и гидрофилтрами для очистки отходящего воздуха. Характеристика данного источника выброса веществ должна содержаться в норме ПДВ. Количество окрасочного аэрозоля уловленного гидрофилтратом может быть найдено по формуле:

$$G_c^{окр} = (M * n) / (1 - n), \text{ т/год} \quad (17)$$

где:  $G_c^{окр}$  – количество окрасочного аэрозоля, т/год;

$M$  – выброс окрасочного аэрозоля, т/год;

$n$  – степень очистки вентиляционных выбросов в гидрофилтрат (для  $n < 1$ )

$v$  – влажность осадка.

С учетом влажности образующеюся осадка его реальное количество составляет:

$$G_a^{\text{окр}} = \frac{G_c^{\text{окр}}}{1 - \nu}, \quad (18)$$

При отсутствии необходимых данных возможен также следующий способ расчета количества окрасочного аэрозоля, улавливаемого в гидрофилтрах.

$$G_c^{\text{окр}} = (C_1 - C_2) * V_i * 10^{-9}, \quad (19)$$

где:  $C_1, C_2$  – концентрация окрасочного аэрозоля соответственно на входе из гидрофилтра, мг/м. куб.;

$V$  – объемный расход вентиляционных выбросов, м. куб./год;

$i$  – время работы камеры в году, ч/год.

Исходя из показателей относительных потерь лакокрасочных материалов (ЛКМ) при пневматическом способе его внесения и проекта нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ), количество аэрозоля улавливаемого в гидрофилтре может быть определена по формуле:

$$G_c^{\text{ок}} = C_{\text{ЛКМ}} * \frac{\Delta_1}{100} * \frac{\Delta_2}{100} - G_{\text{ок}} \quad (20)$$

где  $G$ — годовой расход ЛКМ т/год. где:

$\Delta_1$ — относительные потери ЛКМ при пневматическом распылении, %;

$\Delta_2$  – содержание сухого остатка в ЛКМ, %;

$G_{\text{ок}}$  - валовой выброс ЛКМ в атмосферу после гидрофилтра, т/год.

## 2.6 Маслосодержащие отходы

### 2.6.1 Промасленная ветошь

Количество отходов промасленной ветоши определяется исходя из удельных нормативов (1кг/час) и количества рабочих, основных и вспомогательных профессий.

**Промасленный грунт** (Количество отходов определяется по фактическим

данным).

## 2.7 Исползованные люминесцентные лампы

Количество перегоревших ламп находится исходя из фактического числа работающих ламп по формуле:

$$N = \frac{N\phi}{Tr}, \quad (21)$$

где:  $N\phi$  – фактическое число работающих ламп каждого типа, шт.;

$Tr$  – ресурс времени работы лампы, ч/год;

$Tr$  – подставляется в формулу в годах.

В расчете используется ресурс времени работы ламп типа ЛДЦ, ЛТБ, ДЦ, ЛБ.

$Tr = 5000$ ч/год или около 2,5лет. Для ламп высокого давления ДРЛ  $Tr = 1500$  ч/год или около 2 лет.

Расчетное количество отхода можно рассчитать, как число перегоревших ламп образующихся на единицу освещенной площади.

$$N_o = N\phi/F \quad (22)$$

где:  $F$  – освещенная данным типом ламп площадь,  $m^2$ .

## 2.8 Бытовые отходы

Количество образующего бытового мусора определяют по формуле:

$$Q_{об} = f \cdot N \quad (23)$$

где:  $N$  – число работающих, постоянно находящихся на предприятии человек, чел.;

$f$  – норма образования бытовых отходов для общественных зданий, м. куб/чел. год;

$$f = 0,3 \text{ м}^3 \cdot \text{чел. год}$$

С учетом плотности мусора, его количества бытовых отходов определя-



ется по формуле:

$$Q_{\text{б}} = Q_{\text{бм}} * \rho, \quad (24)$$

где:  $\rho$  – плотность бытовых отходов, г/м<sup>3</sup>.

## 2.9 Металлосодержащие отходы

На предприятиях для текущего ремонта используются токарные, фрезерные, сверлильные и шлифовальные станки. Metallосодержащие отходы образуются как в виде собственно отходов металлообработки (обрезки, стружка) так и в виде металлосодержащей пыли.

### 2.9.1 Отходы металлообработки

Количество образующихся отходов определяют по формуле:

$$Q_{\text{ом}} = G * n, \quad (25)$$

где:  $G$  – количество поступающего на обработку металла, т/год;

$n$  – норма образования металлической стружки (образцов) для данного типа станка, %.

### 2.9.2 Metallосодержащая пыль

Количество металлосодержащей пыли, образующейся при работе полировальных станков и собирающейся в бункере циклона может быть найдена на основании данных представленных в справочник ПДВ.

Количество уловленной циклоном и находящейся в его бункере пыли находится по формуле:

$$Q_{\text{мл}} = \frac{M * n}{1 - n}, \quad (26)$$

где:  $Q_{\text{мл}}$  – количество уловленной пыли, т/год;

$n$  – степень очистки циклона для данного источника, доли.

### 2.9.3 Образивно-металлическая пыль

Абразивно-металлическая пыль образуется при работе заточных и точильно-шлифовальных танков. На предприятии если станки оборудованы вентиляционной системой и снабжены пылеулавливающей установкой, то этот источник выброса был учтен при разработке ома ПДВ.

Количество уловленной пыли определяется по формуле:

$$Q_{\text{уп}} = \frac{M * n}{1 - n} \quad (27)$$

### 2.10 Металлолом

Образуется при капитальном и текущем ремонте автотранспортных средств. Количество отходов определяется и из отраслевых нормативов.

### 2.11 Шлак от сжигания угля

Шлак от сжигания каменного угля образуется в кузнечном горне. Количество шлака определяется по формуле:

$$Ш = 0,01 * В * A_3 - M_{\text{взв}} \quad (28)$$

где Ш – кол-во шлака, образующегося при работе горна, т/год;

В – кол-во угля сжигаемого в кузнечном горне, т/год;

$A_3$  – зольность топлива на рабочую массу, %;

$M_{\text{взв}}$  – выброс взвешенных веществ от данного источника выброса, т/год.

### 2.12 Отходы деревообработки

Отходы деревообработки образуются на дерево обрабатывающих участ-

ках предприятий различных отраслей промышленности и в специализированных цехах. При разработке проектов ПДВ обычно учитывается интенсивность образования отходов с размерами частиц  $d < 200$  мкм., т.е. только древесной пыли. Однако при расчетах учитывают и кусковые отходы стружку и опилки.

### 2.12.1 Древесные отходы деревообрабатывающих участков

Кол-во образующихся отходов определяют по формуле:

$$G_{до} = K_y * K_z * T * 10^{-3} - M \quad (29)$$

где  $G$  – кол-во отходов деревообработки, т/год;

$K_y$  – интенсивность образования отходов, кг/ч;

$K_z$  – коэффициент загрузки оборудования, ( $K_z = 0,2 \dots 0,4$ );

$T$  – годовой фонд работы оборудования, ч/год;

$M$  – выброс древесной пыли в атмосферу после пылеулавливающей установки, т/год.

### 2.13 Остатки электродов

Количество образующихся остатков электродов определяют по формуле:

$$Q_{оз} = Q_{из} * \frac{n}{100} \quad (30)$$

где  $Q_{из}$  – кол-во используемых электродов, кг/год;

$n$  – норма отхода в соответствии с требованиями техники безопасности, %

Полученные результаты расчетов позволяют АТП своевременно и в достоятельном, обязательном кол-ве отправлять отходы производства на переработку и утилизацию предприятий «Вторсырья», что в конечном итоге снижает уровень воздействия АТП на загрязнение окружающей среды. Кроме того своевременная и полная сдача отходов АТП не позволяет применять экономические санкции контролирующей экологическую безопасность организаций, таких как, например, санэпиднадзор, а также дает дополнительный доход предприятию за

сданное вторсырье.

***ПРИМЕР:***

На автотранспортном предприятии эксплуатируются 18 единиц автобусов, в том числе: ПАЗ-3205=16, ЛАЗ-695=45, ЛИАЗ-677=40, ИК-260=41, ИК-280=47.

Общая площадь территории равна  $41\ 000\ \text{м}^2$ , в том числе открытых стоянок  $25981\ \text{м}^2$ , закрытых (теплых) стоянок  $7500\ \text{м}^2$ .

На предприятии имеется механическая мойка автобусов  $480\ \text{м}^2$ .

Административно-производственный корпус 7039 м.кв, В котором выполняются следующие работы:

Техническое обслуживание №1, №2, ТР.

Ремонт агрегатов.

Ремонт автокамер и автошин,

Ремонт электрооборудования и аккумуляторных батарей.

Ремонт топливной аппаратуры,

Замена масел и смазок.

Обработка металлов резанием,

Медницко-жестяночные работы.

Участок деревообработки.

**Определить количество отходов предприятия**

***РЕШЕНИЕ***

**1 Определяем количество свинец содержащего лома**

Используемые на предприятии аккумуляторы марок 6СТ-90, 6СТ-132, 6СТ-182 в том числе АКБ 6СТ-90=96 шт., 6СТ-132 =45 шт., 6СТ-182=176 шт.

Средний срок службы АКБ равен 2,5 года. В пересчете на свинец по нормативу зачета при сдаче лома 50% имеем:

Все АБ:

6СТ-90 = 28 кг.

6СТ-132 = 41 кг.

$$6CT-132 = 60 \text{ кг.}$$

Количество свинец содержащего лома для каждого типа АБ равно:

$$Q_{6CT-90} = \frac{96 \cdot 28}{2,5 \cdot 0,5} = 538 \text{ кг.}$$

$$Q_{6CT-132} = \frac{45 \cdot 41}{2,5 \cdot 0,5} = 369 \text{ кг.}$$

$$Q_{6CT-182} = \frac{176 \cdot 60}{2,5 \cdot 0,5} = 2112 \text{ кг.}$$

Тогда общее количество свинец содержащего лома равно:

$$Q_{\xi} = 538 + 369 + 2112 = 3019 \text{ кг.}$$

В том числе: 2000 кг – используется для ремонтных работ на предприятии;  
1019кг – сдается на предприятие “Вторчермет”.

## **2 Находим количество отработанного электролита**

За год число выработавших свой ресурс АКБ составляет:

$$6CT-90=38 \text{ шт.};$$

$$6CT-132=18 \text{ шт.};$$

$$6CT-182 =70 \text{ шт.}$$

Емкость электролита в АКБ по маркам составляет:

$$6CT-90 = 6 \text{ л.};$$

$$0CT-132=8 \text{ л.};$$

$$6CT-182=11 \text{ л.}$$

Тогда число израсходованного электролита в АКБ по маркам составляет:

$$Q_{\text{эл}} \text{ 6CT-90} = 38 \cdot 6 = 228 \text{ л.}$$

$$Q_{\text{эл}} \text{ 6CT-132} = 18 \cdot 8 = 144 \text{ л.}$$

$$Q_{\text{эл}} \text{ 6CT - 182} = 70 \cdot 11 = 770 \text{ л.}$$

Тогда общая сумма использованного электролита за год составит:

$$Q_{\text{эл}} = 228 + 144 + 770 = 1142 \text{ л.}$$

### 3 Определяем количество отработанных моторных масел

Количество автотракторных средств – 189;

Количество смен масла в год по каждой единице в среднем – 4;

Коэффициент замены масла - 0,6;

Удельный норматив образования отходов масел кг/год в среднем на единицу транспорта составит:

$$g_{\text{авт}} = 16 * 8 + 45 * 8 + 40 * 8 + 41 * 22 + 47 * 22 / 189 = 15 \text{ л.}$$

Тогда общее количество отработанных масел равно:

$$G_{\text{ом}} = 15 * 189 * 4 * 10 = 7 \text{ т}$$

#### Контрольные вопросы:

- 1) Назовите по каким признакам классифицируются промышленные отходы?
- 2) Где используются отходы металлов;
- 3) Чем характеризуется комплексный подход оценки загрязнения окружающей среды транспортом;
- 4) Что входит в понятие «отходы металлов»;
- 5) На сколько категорий распределяются промышленные отходы по гигиеническому принципу?

## Литература

1. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды 3- изд. – М.: Юрайт. – 2011
2. Безопасность жизнедеятельности. Под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2006
3. Белова Т.И., Гаврищук В.И., Агашков Е.М., Дмитровская Т.А. Промышленная экология.- Брянск: ФГБОУ ВПО БГСХА, 2014. –118 с. Электронный ресурс.
4. Белова Т.И., Гаврищук В.И., Агашков Е.М., Бурак В.Е. Улучшение условий труда использованием автоматизированных и автоматических систем регулирования параметров воздушной среды и средств индивидуальной защиты (статья) Вестник МАНЭБ.-С- Петербург.-Т17.-№3, 2012.- С.91-94.
5. Белова Т.И., Гаврищук В.И., Агашков Е.М., Кузнецов П.И. Исследование запыленности воздуха производственных помещений зерноперерабатывающего предприятия III-я Международная научно-практическая конференция «Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства» - 2014. Доступ: [http://www.orelsau.ru/science/conference/23/s1/s1\\_31.pdf](http://www.orelsau.ru/science/conference/23/s1/s1_31.pdf).
6. Белова Т.И., Бакаева Н.В., Белова Т.И., Гаврищук В.И., Санников Д.П. Исследование средств контроля концентрации пыли в воздушной среде. Информационные системы и технологии – 2013. Доступ: <http://irsit.ru/article/279>.
7. Белова Т.И., Гаврищук В.И., Агашков Е.М. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Исследование параметров удаления и очистки воздуха от пыли (учебное пособие) / Учебное пособие.- Орел: ГУ-УНПК, 2013г.

8. Белова Т.И., Гаврищук В.И., Агашков Е.М., Санников Д.П. Системы защиты среды обитания. Исследование параметров пылеудаления воздуха рабочей зоны. (учебное пособие)/ Учебное пособие.- Орел: ГУ-УНПК, 2013 г.
9. Белова Т.И., Гаврищук В.И., Агашков Е.М., Дмитровская Т.А. Промышленная экология. Исследования параметров удаления и очистки воздуха. Учебное пособие (Лабораторный практикум). Брянск.- Брянская ГСХА, 2014.- 113с.
10. Белова Т.И., Маркарянц Л.М., Безик Д.А. и др. Система приточно-вытяжной вентиляции животноводческого помещения / Патент на изобретение №2428636 от 10.08.2011.
11. Белова Т.И., Гаврищук В.И., Агашков Е.М. и др. Устройство контроля запыленности / Патент на полезную модель №110189 от 10.11.2011.
12. Белова Т.И., Гаврищук В.И., Агашков Е.М. и др. Система вентиляции промышленного предприятия / Патент РФ №2439449 от 10.01.2012.
13. Белова Т.И., Агашков Е.М., Маркарянц Л.М. и др. Система вентиляции промышленного предприятия / Патент № 2478933 от 10.04.2013.
14. Большаков, А.М. Руководство к лабораторным занятиям по общей гигиене [Текст] / А.М. Большаков.-2-е изд., перераб. и доп. - М..Медицина, 2004.- 272 с.
15. Василенко Л.В., Никифоров А.Ф., Лабухина А.А.. - Методы очистки промышленных сточных вод. – Екатеринбург: УГЛУ Урал. гос. лесотех. университет, 2009. – 363 с.
15. ГОСТ Р ИСО 14644-1-2002. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды [Текст]. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. - 17 с.
16. ГОСТ 12.1.005-88ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
17. Демина Т.А. Экология, проиородопользование, охрана окружающей среды . – М.: АспектПресс, 1998 261 с.



17. Коровкин В.И., Передельский Л.В. Экология и охрана окружающей среды.- М.: Кнорус, 2013. – 376 с.
18. Лайкам К. Охрана окружающей среды в России. – М.: Росстат, 2010
19. Практикум по безопасности жизнедеятельности: учебное пособие к лабораторным и практическим работам/под общ. ред. А.В. Фролова. – Ростов н/Д: Феникс, 2009.- 490 с.
20. Христофоров Е.Н. Эргономическая оценка рабочего места оператора сельскохозяйственных машин Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Брянск.: БГСХА, 2003. – 25 с.
21. Христофоров Е.Н., Гурьянов Г.К. Очистка вредных газов вентиляционных выбросов каталитическим и термическим методом. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. 2 – е изд. пер. и доп. – Брянск.: Изд-во БГСХА, 2005. – 15 с.
22. Христофоров Е.Н., Гурьянов Г.К. Абсорбционный метод очистки вентиляционных выбросов от вредных веществ Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. 2 – е изд. пер. и доп. – Брянск.: Изд-во БГСХА, 2005. – 15 с.
23. Христофоров Е.Н. Методы и приборы контроля газо и парообразных атмосферных загрязнений Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. 2 – е изд. пер. и доп. – Брянск.: Изд-во БГСХА, 2005. – 9 с.
24. Христофоров Е.Н., Гурьянов Г.К. Механическая очистка промышленных сточных вод. Методы и приборы контроля газо и парообразных атмосферных загрязнений Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. 2 – е изд. пер. и доп. – Брянск.: Изд-во БГСХА, 2005. – 27 с.
25. Христофоров Е.Н., Гурьянов Г.К. Очистка сточных вод от механических примесей. Методы и приборы контроля газо и парообразных атмосферных

загрязнений Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. 2 – е изд. пер. и доп. – Брянск.: Изд-во БГСХА, 2005. – 11 с.

26. Христофоров Е.Н., Г.К. Гурьянов Методы определения качественных изменений атмосферного воздуха. Методы и приборы контроля газо и парообразных атмосферных загрязнений Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. 2 – е изд. пер. и доп. – Брянск.: Изд-во БГСХА, 2005. – 14 с.

27. Христофоров Е.Н., Гурьянов Г.К. Расчет показателей образования отходов при эксплуатации машинно-тракторного парка Методы и приборы контроля газо и парообразных атмосферных загрязнений Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. 2 – е изд. пер. и доп. – Брянск.: Изд-во БГСХА, 2005. – 26 с.

28. Христофоров Е.Н., Гурьянов Г.В. Охрана атмосферного воздуха. Методы и приборы контроля газо и парообразных атмосферных загрязнений Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. 2 – е изд. пер. и доп. – Брянск.: Изд-во БГСХА, 2005. – 21 с.

29. Христофоров Е.Н., Степко Р.В. Радиационное загрязнение. Контроль ионизирующих излучений. Методы и приборы контроля газо и парообразных атмосферных загрязнений Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. 2 – е изд. пер. и доп. – Брянск.: Изд-во БГСХА, 2005. – 19 с.

30. Христофоров Е.Н., Гурьянов Г.К. Расчет технических средств очистки воздуха от пыли. Методы и приборы контроля газо и парообразных атмосферных загрязнений Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. 2 – е изд. пер. и доп. – Брянск.: Изд-во БГСХА, 2005. – 26 с.

31. Экология : Учеб. пособие/А.В. Тотай [и др.]/под общ. ред. А.В. Тотай. М.: Издательство Юрайт, 2011. – 407 с.

**Учебное издание**

**ХРИСТОФОРОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ**

**САКОВИЧ НАТАЛИЯ ЕВГЕНЬЕВНА**

**БЕЗЗУБ ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**

**БЕЗОПАСНОСТЬ  
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Редактор: Павлютина И.П.

Подписано к печати 19.01.2015.  
Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага печатная. Усл. печ. л. 9,47.  
Тираж 100 экз. Изд. № 2889.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл. Выгоничский район, с. Кокино