

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт электронного обучения

Специальность: Энерго – и ресурсосберегающие процессы в химической технологии нефтехимии и биотехнологии

Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА**

Тема работы
Проект очистных сооружений участка подготовки форм литейного производства Новосибирского электровозремонтного завода

УДК 628.32.001.6:621.74.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 – 2 К12	Кузнецова Алла Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. ТОВПМ ИПР ТПУ	Бондалетова Л.И.	кандидат химических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры «Менеджмент»	Тухватулина Л.Р.	кандидат философских наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры ЭБЖ	Чулков Н.А.	кандидат технических наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТОВПМ	Юсубов М.С	доктор химических наук		

## ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов промышленной технологии
P2	Разрабатывать технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке
P3	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на промышленном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P4	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P5	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) Энерго – и ресурсосберегающие процессы в химической технологии нефтехимии и биотехнологии

Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Юсубов М.С  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3 – 2 К12	Кузнецова Алла Владимировна

Тема работы:

Проект очистных сооружений участка подготовки форм литейного производства  
Новосибирского электровозремонтного завода

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Проектирование пылеочистного оборудования

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Введение. Характеристика основного производства. Технологический процесс производства отливок. Классификация пылеуловителей. Инженерные расчеты. Проектирование циклона ЦН-15 и рукавного фильтра ФР-5000. Социальная ответственность. Финансовый менеджмент. Заключение. Список используемой литературы.</p>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>ФЮРА.241000.02. ПЗ Пояснительная записка          ФЮРА.241000.01. ТЗ Технологическая схема          ФЮРА.241000.02. ВО Общий вид аппарата          ФЮРА.241000.03. СБ Сборочные единицы          ФЮРА. 280201.04. Плата за выбросы загрязняющих веществ</p>
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Экспериментальная часть, результаты и обсуждение	Бондалетова Л.И. доцент кафедры «Технологии органических веществ и полимерных материалов», кандидат химических наук
Финансовый менеджмент	Тухватулина Л.Р. доцент кафедры «Менеджмент», кандидат философских наук
Социальная ответственность	Чулков Н. А., доцент кафедры ЭБЖ, кандидат технических наук

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Введение, Характеристика основного производства, Теоретическая часть, Инженерные расчеты, Социальная ответственность, Финансовый менеджмент, Заключение, Список используемой литературы.

Introduction, the Characteristic of the main production, Theoretical part, Engineering calculations, Social responsibility, Financial management, the Conclusion, the List of the used literature.

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. ТОВПМ ИПР ТПУ	Бондалетова Л.И.	кандидат химических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К12	Кузнецова Алла Владимировна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 83 с., 9 рисунков, 15 таблиц, 24 использованных источника.

Ключевые слова: пыль, пылеосаждение, концентрация загрязняющих веществ, циклон ЦН-15, рукавный фильтр ФР-5000, фильтрование, эффективность.

Объектом исследования являются пылеочистное оборудование отделения «Подготовки песка» ОАО «Новосибирский электровозремонтный завод» г. Новосибирск.

Цель работы - проектирование пылеочистного оборудования пыль неорганическая с содержанием двуокси кремния 20 – 70 % ОАО «Новосибирский электровозремонтный завод» г. Новосибирск..

В проекте приведены расчеты основных аппаратов, рассмотрены вопросы экологичности и безопасности труда, экономическая часть.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 10.0 и представлена на диске 3,5".

## **ABSTRACT**

Final qualification work contains 83 pages, 9 drawings, 15 tables, 24 used sources.

Keywords: dust, dust precipitation, concentration of the polluting substances, the TsN-15 cyclone, the hose FR-5000 filter, filtering, efficiency.

Object of research are the pyleochistny equipment of office of "Sand preparation" of JSC Novosibirsk Elektrovozoremontny Plant Novosibirsk.

The work purpose - design of the pyleochistny equipment dust inorganic with the content of silicon dioxide of 20 - 70% of JSC Novosibirsk Elektrovozoremontny Plant Novosibirsk.

Calculations of the main devices are given in the project, questions of environmental friendliness and safety of work, economic part are considered.

The thesis is performed in a text editor of Microsoft Word 10.0 and submitted on a disk 3,5".

## Содержание

Реферат	
Введение.....	5
1. Характеристика основного производства.....	6
1.1. Инвентаризация загрязняющих веществ.....	7
1.2. Характеристика источников загрязнения и источников выбросов загрязняющих веществ.....	8
2. Теоретическая часть.....	9
2.1. Общие понятия о пыли и ее классификация.....	9
2.2. Технологический процесс производства отливок.....	11
2.3. Классификация пылеуловителей.....	15
2.4. Принцип действия и теоретические основы работы циклонов.....	20
2.5. Теоретические основы работы тканевых фильтров.....	24
3. Инженерные расчеты.....	28
3.1. Сухой метод очистки от крупнодисперсной пыли.....	28
3.1.1. Аппаратурный расчет циклона ЦН – 15 .....	28
3.1.2. Материальный баланс аппарата циклона ЦН – 15.....	32
3.1.3. Конструктивно – механический расчет.....	33
3.1.4. Аэродинамический расчет воздухопроводов.....	35
3.1.5. Подбор вентилятора и электродвигателя.....	44
3.2. Сухой метод очистки от мелкодисперсной пыли.....	46
3.2.1. Аппаратурный расчет рукавного фильтра.....	46
3.2.2. Материальный баланс рукавного фильтра.....	49
3.2.3. Аэродинамический расчет газопроводов.....	50
3.2.4. Расчет и подбор вентилятора и электродвигателя.....	55
3.3. Аналитический контроль.....	55
3.4. Контрольно-измерительные приборы и автоматизация очистных установок.....	56
4 Социальная ответственность.....	58
4.1. Производственная безопасность.....	58

4.1.1. Действие пыли на организм человека.....	58
4.1.2. Характеристика опасностей производства.....	60
4.1.3. Методы защиты обслуживающего персонала от производственных вредностей.....	61
4.1.4. Безопасность механического оборудования.....	61
4.1.5. Производственные метеоусловия.....	63
4.1.6. Электробезопасность.....	64
4.1.7. Пожаровзрывобезопасность.....	65
4.2. Экологическая безопасность.....	65
4.2.1. Защита атмосферы.....	66
4.2.2. Защита гидросферы.....	67
4.2.3. Защита литосферы.....	68
4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	69
4.3.1. Защита в чрезвычайных ситуациях.....	70
5 Финансовый менеджмент.....	72
5.1 Плата за выбросы.....	72
Заключение.....	75
Список используемой литературы.....	76
Спецификация	
Графический материал	
ФЮРА.241000.02. ПЗ Пояснительная записка	
ФЮРА.241000.01. ТЗ Технологическая схема	
ФЮРА.241000.02. ВО Общий вид аппарата	
ФЮРА.241000.03. СБ Сборочные единицы	
ФЮРА. 280201.04. Плата за выбросы загрязняющих веществ	

## **Введение**

В данной дипломной работе был рассмотрен Новосибирский электровозоремонтный завод.

Основной вид деятельности предприятия «НЭРЗ» – капитальный и средний ремонт электровозов серий ВЛ-10, ЧС-2, ЧС-4т, ЧС-8, ЭП-1, ЭП2К. Также завод выполняет изготовление запчастей и ремонт линейного оборудования, производит чугунное и цветное литье, штамповку и ковку металлических изделий, изготовление сложного нестандартного оборудования. Рассмотрим литейных цех занимающийся изготовлением песчано – земляных ванн, для производства отливок. [1]

Основной задачей данной работы является проектирование пылеочистного сооружения на участке с целью снижения выброса загрязняющих веществ.

Для достижения поставленной цели была дана характеристика производству, проведена инвентаризация вредных веществ, рассчитан материальный баланс. Далее в проекте произведен расчет и подбор основного оборудования. Также в проекте затронуты вопросы охраны труда и охраны окружающей среды.

## 1. Характеристика основного производства

Новосибирский электровозоремонтный завод «НЭРЗ» - завод, производящий ремонт электровозов для нужд железных дорог России. НЭРЗ – филиал ОАО «Желдорреммаш».

Завод находится в Первомайском районе, на перегоне между разъездом «Иня» и железнодорожной станцией «Сибирская». Завод основан в 1942 году, как паровозоремонтные мастерские, в 1944 г. переименован в паровозоремонтный завод, нынешнее название носит с 1965 года. В период с 1969 по 1973 завод реконструирован, построен ряд новых цехов. [1]

Литейное производство «НЭРЗ» специализируется на выпуске фасонного чугунного железнодорожного литья (тормозные колодки, маслоты для поршневых колец, запчасти электровозов) и изготавливает на заказ отливки из чугуна и алюминиевых сплавов.

Литейный цех состоит из 4 отделений:

- 1) Отделение подготовки песка.
- 2) Плавильное отделение.
- 3) Отделение выбивки.
- 4) Отделение очистки и обрубки литья.[1]

Более подробно рассмотрим отделение подготовки песка. Приготовление смеси производят в определённой последовательности на смесеприготовительном оборудовании:

- дробилка
- сито с ячейками размером 40\*40мм
- сушило
- сушильная печь.

При дроблении комьев песка и просеивании через сито, просеивании воздух загрязняется оксидами кремния  $\text{SiO}_2$  20-70 %, медианный диаметр составляет 25 мкм. Концентрация выделяемой пыли в воздухе достигает 7,5 г/м<sup>3</sup>, плотность пыли составляет 2900 г / м<sup>3</sup>.

Многую будет подробно рассмотрено отделение подготовки песка, как участок с наибольшим выделением загрязняющих веществ (пыль неорганическая с содержанием двуокиси кремния 20 – 70 %).

## **1.1. Инвентаризация выделяющихся загрязняющих веществ**

Основной предпосылкой для защиты атмосферы от загрязнения является инвентаризация источников выбросов, т.е. получение и систематизация сведений о составе и количестве выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, распределении источников выбросов по территории предприятия, учет мероприятий по выявлению и обезвреживанию вредных веществ.

Источником загрязнения атмосферы (или источником выброса загрязняющих веществ в атмосферу) является объект, от которого загрязняющие вещества поступают в атмосферу.

Выбросы, поступающие в атмосферный воздух от источника выделения загрязняющих веществ через специально сооруженные устройства, классифицируются как организованные, и им присваиваются четырехразрядные номера, начиная с цифры 0001. Неорганизованными являются выбросы загрязняющих веществ без применения специально сооруженных устройств. Их обозначение начинается с цифры 6001.

Источниками выделения загрязняющих вредных веществ являются технологическое оборудование или технологические процессы, от которых в ходе производственного цикла происходит образование вредных веществ.

Инвентаризация выбросов производится как для организованных, так и для неорганизованных источников.[3]

### **Источники выбросов**

Основным источником загрязнения на данном предприятии является приемный бункер, так как именно при разгрузке и хранении песка происходит выброс неорганической пыли, которая представляет собой на 20 – 70 %

диоксида кремния, медианный диаметр составляет 25 мкм. Концентрация выделяемой пыли в воздухе достигает 7,5 г/м<sup>3</sup>.

Для снижения выбросов в окружающую среду в цехе загрузки сырья необходимо установить пылеулавливающее оборудование – циклон ЦН 15 и рукавный фильтр. Данные очистные установки будут располагаться в закрытом помещении при постоянной температуре 28°С.

## 1.2. Характеристика источников загрязнения и источников выбросов загрязняющих веществ.

Таблица 1 - Источники выделения и загрязнения окружающей среды

НАИМЕНОВАНИЕ ИСТОЧНИКА ВЫДЕЛЕНИЯ ЗВ	ЧИСЛО ЧАСОВ РАБОТЫ В ГОД, ЧАС	ИСТОЧНИК ВЫБРОСА	ТЕМПЕРАТУРА ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ, 0С	НАИМЕНОВАНИЕ ГАЗООЧИСТНОГО УСТРОЙСТВА	СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ, %	НАИМЕНОВАНИЕ ЗВ	ОБЪЕМ ВОЗДУХА НА ОЧИСТКУ, м3/ч	КОНЦЕНТРАЦИЯ ЗВ, г/м3
ОТДЕЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ И ПЕСКА	3000	ТРУБА	28	ЦИКЛОН ЦН - 15	97	ПЫЛЬ НЕОРГАНИЧЕСКАЯ 20-70 %	23400	7,5
Дробилка	3000	труба	28	Циклон ЦН - 15	97	ПЫЛЬ НЕОРГАНИЧЕСКАЯ 20-70 %	11900	7,5
Сито с ячейками Размером 40*40 мм	3000	труба	28	Циклон Цн - 15	97	ПЫЛЬ НЕОРГАНИЧЕСКАЯ 20-70 %	5600	7,5
Сушило	3000	труба	28	Циклон ЦН - 15	97	ПЫЛЬ НЕОРГАНИЧЕСКАЯ 20-70 %	2800	7,5

Сушильная печь	3000	труба	28	Циклон ЦН – 15	97	ПЫЛЬ НЕОРГАНИЧЕСКАЯ 20-70 %	3100	7,5
-------------------	------	-------	----	-------------------	----	-----------------------------------	------	-----

## 2. Теоретическая часть

### 2.1. Общие понятия о пыли и ее классификация

Пыль представляет собой дисперсную систему с газообразной дисперсионной средой и твердой дисперсной фазой, состоящей из частиц от квазимолекулярного до макроскопического размеров, находящимися во взвешенном состоянии более или менее продолжительное время.

Аэрозоли также представляют собой дисперсные системы с газообразной (воздушной) дисперсионной средой и твердой или жидкой дисперсной фазой.

Так как скорость оседания частиц аэрозоля очень мала, и они могут неопределенно долго находится во взвешенном состоянии. Наиболее тонкие частицы аэрозоля по размерам приближаются к наиболее крупным молекулам, а наиболее крупные достигают 1 мкм.

Для обезвреживания аэрозолей (пыли и туманов) используют сухие, мокрые и электрические методы. Кроме того, аппараты отличаются друг от друга как по конструкции, так и по принципу осаждения взвешенных частиц. В основе работы сухих аппаратов лежат гравитационные, инерционные и центробежные механизмы осаждения или фильтрационные механизмы. В мокрых пылеуловителях осуществляется контакт запыленных газов с жидкостью (осаждение происходит на капли, на поверхность газовых пузырей или на пленку жидкости). В электрофильтрах отделение заряженных частиц аэрозоля происходит на осадительных электродах.

Выбор метода и аппарата зависит от их дисперсного состава.

Для обезвреживания отходящих газов от газообразных и парообразных токсичных веществ применяют методы: абсорбции (физической и

хемосорбции), адсорбции, каталитические, термические, конденсации и компримирования.

Пыли и аэрозоли полидисперсны, т.е. частицы их дисперсной фазы имеют неодинаковый размер. В природе и технике монодисперсные пыли и аэрозоли встречаются крайне редко.

Масса частиц, содержащихся в единице объема газа или воздуха, называется концентрацией пыли, пылесодержанием или запыленностью.

Атмосферные частицы классифицируют по размерам следующим образом:

1. Крупные частицы (средний диаметр 20 мкм) – сосредоточены в нижнем слое тропосферы (до 3000 м), осаждаются под действием силы тяжести, но могут переноситься ветром на большие расстояния.
2. Полутонкая пыль (диаметр 0,1 – 5 мкм) – осаждается с трудом или не осаждается вовсе. Частицы размером меньше 1 мкм служат ядрами конденсации водяного пара. Для частиц диаметром менее 0,1 мкм из-за броуновского движения осаждение в обычных условиях невозможно (эти частицы называют аэрозолем);
3. Тонкая (микроскопическая) неосаждающаяся (пыль диаметр менее 0,001 мкм), это так называемые частицы Айткена.

Большинство атмосферных частиц, удерживающихся в воздухе в течение длительного времени, имеют диаметр 0,1 – 5 мкм. Тонкая и частично полутонкая пыль не осаждается в местах выброса при сухой атмосфере и может поэтому попасть в потоки региональных глобальных загрязняющих веществ.

Применительно к работе пылеуловителей аэрозоли характеризуются следующими параметрами:

А) температурой и влажностью газа, от которых зависит его вязкость, характеризующая параметр отделимости (трения) твердых частиц; при достижении точки росы фильтр заливает, а при более высокой температуре пары воды, снижая вязкость газа, положительно влияют на осаждаемость пыли; главное - пары воды, осаждаясь на твердых частицах снижают

электрическое сопротивление слоя пыли, осажденного на электродах, и уменьшают возможность возникновения обратной короны;

Б) концентрацией и размерами частиц; концентрация тонкодисперсной пыли свыше 15-20 г/м<sup>3</sup> обуславливает запираание коронного тока, кроме того важно знать содержание трудно осаждаемых фракций (для электрофилтра менее 2 мкм, для циклона менее 5 мкм.);

В) плотностью и химическим составом пыли и газа; плотность в сочетании с дисперсностью и формой частиц характеризует осаждаемость (скорость витания) их в шахтах и циклонах, а химический состав газа определяет точку росы агрессивных компонентов (окислов серы равна 142 -170 °С) и следовательно коррозионные свойства; химический состав частиц (содержание SiO<sub>2</sub>) определяет сопротивление слоя пыли на электродах.

## **2.2. Технологический процесс производства отливок**

Для производства отливок ванн необходима модель. В качестве формовочного материала используется сухой песок. Он поступает в отделение подготовки песка после выбивки и частичного пополнения свежим, 95% и более песка возвращается на формовку за счет оборотного цикла. Отделение подготовки песка размещено в отдельно стоящем здании. Подготовка песка проходит через ряд стадий: разрыхление и дробление комьев песка при разгрузке в случае получения смерзшегося песка; просев сырого песка через сито с ячейками размером 40 \*40 мм; сушка песка при температуре 200 °С до влажности 0,5-1,0%; охлаждение песка в случае его немедленного употребления; просев сухого песка при подаче его для употребления через сито с ячейками 5\*5 мм. После просеивания и охлаждения с температуры 80-75<sup>0</sup>С до 30<sup>0</sup>С песок подается к смесительным машинам.

Из отделения приготовления земляной смеси земля поступает по конвейерам в отделение формовки, к бункерам формовочных машин. Затем опоки заполняют песчанно-земляной смесью. После этого по напольному конвейеру они поступают к местам заливки. При охлаждении и просеивании песка загрязненный воздух (пыль неорганическая с SiO<sub>2</sub> 20-70%) отсасывается

вентсистемой от ленточных конвейеров, галерей, тоннелей. После очистки в циклоне ЦН – 15 выбрасывается в атмосферу.

Участок формовки состоит из двух участков. На первом участке расположено четыре конвейера, на втором находится плац нестандартного литья. Подготовленные и высушенные полуформы, поступают к формовочным машинам, где полуформы соединяются в формы и поступают в плавильно-заливочное отделение для заполнения металлом.

Металл для заливки формы выплавляется в вагранках производительностью 10-12 т/час. Материал для изготовления чугуна поступает в вагранку с шихтового двора. В качестве сырья при производстве чугуна используется литейный и передельный чугун, чугунный лом, в небольших количествах ферросилиций и силикомарганец. Топливом является литейный кокс, флюсом – известняк. Одновременно работа двух вагранок исключена, так как одна из вагранок всегда находится в ремонте. От вагранок в атмосферу выбрасывается пыль неорганическая, оксид углерода, диоксиды азота и серы.

Также вагранки оборудованы установками дожигания оксида углерода. Для перегрева заливаемого чугуна до температуры 1430 – 1450<sup>0</sup>С, на участке заливки установлен индукционный миксер емкостью 4 т. Для подогрева пустого миксера используется природный газ. Продукты горения природного газа удаляются вентсистемой.

Чугун из вагранки разливается в два барабанных ковша для подачи чугуна к четырем литейным конвейерам. Разливка чугуна сопровождается выбросами пыли и оксида углерода. Из барабанного ковша металл разливается в разливочные ковши, из ковшей – в формы модели. Залитые формы (опоки) проходят путь охлаждения на конвейере и направляются к вибрационной решетке на выбивку. Здесь происходит извлечение отливок из форм и их очистка. Готовые отливки с помощью цепного подвесного конвейера поступают в обрубное отделение, а формы (опоки) поступают на виброрешетку где очищаются и поступают опять на формовочные машины.

В обрубочном отделении в дробебетной камере производится более тщательная очистка от пригоревшей смеси. Воздух, загрязненный неорганической пылью, горелой землей литейного цеха, подается на очистку. Далее заготовки уложенные на конвейере, зачищаются со всех сторон пневматическими шлифовальными машинами. [1]

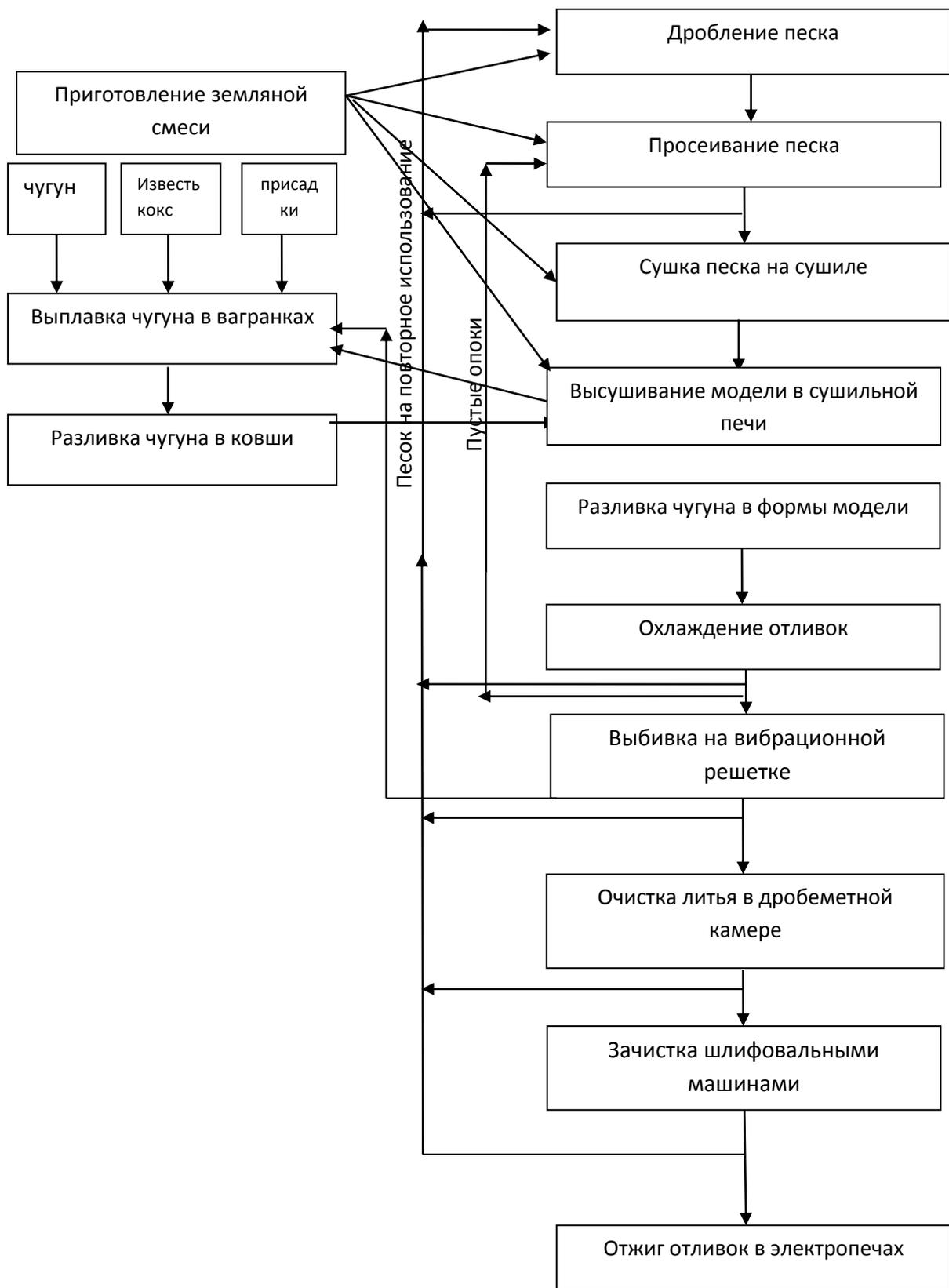


Рисунок 1 – Блок – схема технологического процесса производства  
ОТЛИВОК

### 2.3. Классификация пылеуловителей

По назначению устройства для очистки газа (воздуха) от пыли подразделяются на пылеуловители и воздушные фильтры. Первые служат для санитарной очистки газов и воздуха перед их выбросом в атмосферу и для технологической очистки с целью улавливания и возврата ценных пылевидных продуктов или полуфабрикатов, а вторые – для очистки приточного воздуха, подаваемого вентиляционными установками в производственные и общественные здания. Пылеуловители делятся на две категории: аппараты без применения жидкости и с её применением. Такое деление принято в ГОСТ 12.2.043-80 «Оборудование пылеулавливающее. Классификация».

Сухие пылеуловители делятся на гравитационные, инерционные, фильтрационные и электрические. По некоторым особенностям их действия или основному конструктивному признаку группы пылеуловителей делятся на подгруппы, а в зависимости от специфики конструктивного оформления на типы аппаратов.

Гравитационные пылеуловители – пылесадительные камеры, в которых выпадение частиц из газового потока происходит под действием силы тяжести. Существует полые и полочные камеры. Полки в камерах устанавливаются с целью осаждения более тонких частиц или чтобы иметь возможность увеличить скорость и, соответственно, расход газа в сечении камеры без снижения степени очистки.

В инерционных уловителях выделение частиц из газового потока происходит под действием сил инерции, возникающих вследствие изменения направления или скорости движения газа. Они делятся на три подгруппы: жалюзийные (пластинчатые или конические); циклонные (возвратнопоточные, прямопоточные и вихревые); ротационные.[2]

Фильтрационные пылеуловители – это устройства, в которых выделение частиц пыли из газового потока происходит вследствие его

прохода через слой пористого материала. Эта группа состоит из следующих подгрупп: тканевые фильтры (каркасные и рукавные), волокнистые (рукавные, панельные, ячейковые), зернистые (насыпные, жесткие), сетчатые (ячейковые, барабанные).

#### Волокнистые фильтры

В волокнистых фильтрах фильтрующий слой образован относительно равномерно распределенными тонкими волокнами фильтрующих материалов. Эти фильтры предназначены для улавливания частиц мелкодисперсной и особо мелкодисперсной пыли при ее концентрации в очищаемом воздухе (газе) в пределах  $0,5 \dots 5 \text{ мг/м}^3$ .

#### Зернистые фильтры

Зернистые фильтры используют в газоочистке при невозможности применения тканевых из-за высокой температуры  $500 \dots 800 \text{ }^\circ\text{C}$ , в условиях воздействия агрессивной среды.. Фильтрующий слой в зернистых фильтрах образован зернами сферической формы. В насадке насыпных фильтров используют песок, гравий, шлак, дробленые горные породы и др. материалы.

#### Тканевые фильтры

По форме фильтровальных элементов могут быть рукавные и плоские (полотняные), по виду опорных устройств - каркасные, рамные и т.д., по наличию корпуса и его форме - цилиндрические, прямоугольные, открытые (бескамерные), по числу секций - одно- и многосекционные. Фильтры могут также различаться по способу регенерации и ряду других признаков.

#### Фильтровальные материалы

В тканевых фильтрах применяются тканые или валяные материалы, выполняющие роль подложки для фильтрующей среды, которой является первичный слой уловленной пыли. Ткани для фильтров изготавливают из натуральных, или синтетических волокон диаметром  $10 \dots 30 \text{ мкм}$ , скручиваемых в нити диаметром около  $0,5 \text{ мм}$ . Размеры пор между нитями обычно составляют  $100 \dots 200 \text{ мкм}$ . Многие ткани изготавливают в виде полотен (кусков), из которых шьют рукава. Диаметр рукавов обычно в пределах

90...450 мм. Длина 2,5...10м. При прохождении запыленного воздуха (газа) через ткань пылевые частицы задерживаются между нитями и ворсом. Наличие ворса повышает эффективность фильтрации. Ворс должен быть обращен навстречу запыленному потоку. При движении запыленного потока воздух прижимает ворсинки к ткани. При обратной продувке происходит выпучивание ворсинок, и накопившиеся пылевые частицы удаляются (рис. 2).

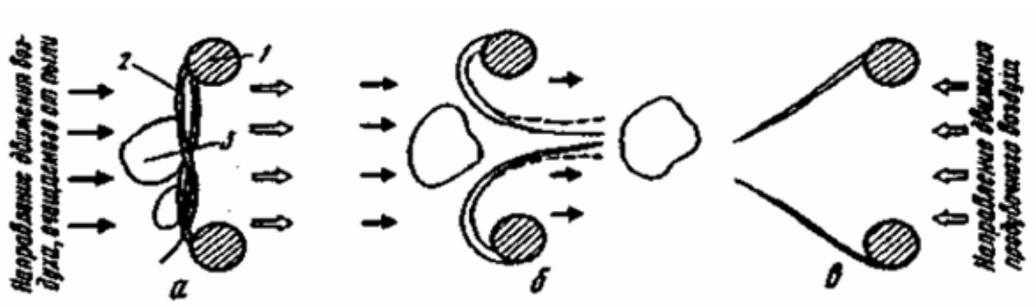


Рисунок 2- Положение ворса фильтрованной ткани при различных режимах работы: а - рабочее положение ворса: 1 - нить ткани; 2 - нить ворса; 3 - частицы пыли; б - пылевой пробой ткани; в - обратная продувка

Чистая ткань не обеспечивает необходимую эффективность очистки. После регенерации на ткани остается некоторый слой пыли. После нескольких циклов (запыление - регенерация и т. д.) ткань приобретает рабочее состояние. В ней создается остаточный слой пыли, который вместе с тканью образует фильтрующий слой. В фильтровальных тканях применяются следующие виды волокон: естественные волокна животного и растительного происхождения (шерстяные, льняные, хлопчатобумажные, шелковые); искусственные органические (лавсан, нитрон, капрон, хлорин и др.); естественные минеральные (асбест); искусственные неорганические (стеклоткань, металлоткань). Значительными преимуществами обладают фильтровальные ткани из нитрона и лавсана. Нитроновое волокно характеризуется прочностью, эластичностью, малой гигроскопичностью. При влажности воздуха 65 % оно поглощает из воздуха лишь 1 % влаги. Нитрон неограниченно долго без заметных последствий выдерживает температуру 120...130 °С и ограниченное время 180 °С. По сравнению с хлопком нитрон в

несколько раз устойчивее к кислотам, органическим растворителям. Он устойчив также к действию микроорганизмов, моли. Ткань из нитрона не подвергается усадке. Лавсановое волокно обладает прочностью, устойчивостью к истиранию и температуре примерно такими же, как нитроновое волокно, однако более устойчиво к химическим реагентам. Лавсановое волокно обладает малой гигроскопичностью. Процесс регенерации является неотъемлемой частью технологии фильтрации и разрабатывается в проекте наряду с другими параметрами фильтрации. Срок службы фильтровальных тканей в зависимости от условий эксплуатации может составлять от нескольких месяцев до нескольких лет.

### Рукавные фильтры

Рукавные тканевые фильтры применяются для очистки больших объемов воздуха (газов) со значительной концентрацией пыли. Фильтрующими элементами в этих аппаратах являются рукава из специальной фильтровальной ткани. Рукавные фильтры обеспечивают тонкую очистку воздуха от пылевых частиц, имеющих размер менее 1 мкм. Рукавные фильтры являются одним из основных видов пылеулавливающего оборудования и широко применяются на предприятиях химической промышленности, промышленности строительных материалов, и др. Конструктивно гибкая фильтрующая перегородка выполняется в виде рукава, фильтры с гибкими фильтрующими перегородками получили название «рукавные». Общий вид рукавного фильтра на рис. 3.

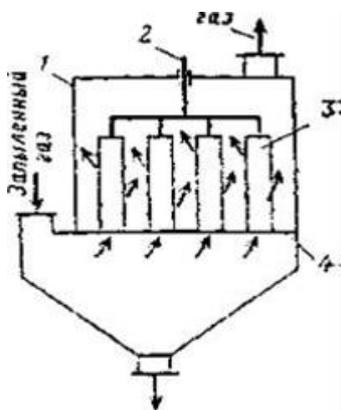


Рисунок 3 - Рукавный фильтр: 1 - корпус; 2 - встряхивающее устройство; 3 - рукав; 4 - распределительная решетка.

Регенерация фильтровальной ткани рукавов производится путем механического или аэродинамического воздействия на фильтровальную ткань с целью разрушения и удаления слоя осевшей пыли. Фильтры из эластичных и нетолстых тканей можно отряхивать, придавая материалу волнообразные колебания. В ряде рукавных фильтров регенерация фильтровальной ткани осуществляется путем обратной струйной и импульсной продувки рукавов. Фильтры общего назначения типа ФРКИ разработаны НИИОГаз. Регенерация фильтровальной ткани производится без отключения секций фильтра импульсной верхней подачей внутрь рукавов сжатого воздуха с давлением 0,3 или 0,6 МПа.

В таблице 2 приведены размеры улавливаемых частиц различных аппаратов.

Таблица 2 – Размер улавливаемых частиц различных аппаратов

Аппараты	Размер частиц, мкм
Пылеосадительные камеры	40 ÷ 1000
Скрубберы	20 ÷ 100
Тканевые фильтры	0,9 ÷ 100
Циклоны	
- диаметром 1 ÷ 2 м	20 ÷ 1000
- диаметром до 1 м	5 ÷ 1000
Волокнистые фильтры	0,05 ÷ 100
Электрофильтры	0,01 ÷ 10

В отделении подготовки песка необходимо установить пылеочистное оборудование. Выбираем циклон ЦН – 15 для улавливания крупнодисперсной пыли диаметром более 20 мкм.

Циклоны имеют ряд преимуществ и достоинств: отсутствие движущихся частей в аппарате, надежность работы при температурах газа до 500 °С, возможность улавливания абразивных материалов, улавливание пыли в сухом виде, почти постоянное гидравлическое сопротивление, успешная

работа при высоких давлениях газов, простота изготовления. Циклоны ЦН-15 отличаются меньшими габаритными размерами, более устойчивы к пыли, склонной к налипанию, поэтому их эксплуатация оправдана при очистке газов с высокой концентрацией мелкой пыли или улавливание средне и сильно слипающейся пыли.[2]

#### **2.4. Принцип действия и теоретические основы работы циклонов**

Циклоны применяются на предприятиях черной и цветной металлургии, т. к. основным загрязняющим веществом является промышленная пыль. Циклоны обеспечивают очистку газов эффективностью 80-95% от частиц пыли размером более 10 мкм. В основном рекомендуется их использовать для предварительной очистки газов и устанавливать перед высокоэффективными аппаратами (например, фильтрами). В ряде случаев достигаемая эффективность циклонов оказывается достаточной для выброса газов или воздуха в атмосферу.

Выделение пыли в циклонах происходит под действием центробежных сил, возникающих в результате вращения газового потока в корпусе аппарата. Несмотря на большое многообразие конструкций циклонов, его классический вариант, на рисунке 1 можно увидеть следующие составные части циклона : цилиндрическую обечайку 4 с крышкой и тангенциальным патрубком 1 для ввода запыленного газа; конус с патрубком для отвода пыли 8; центральную трубу с патрубком для отвода очищенного газа 9; пылесборник 7. Размеры и геометрические формы указанных элементов у разных циклонов могут быть различными, кроме того, некоторые из них содержат дополнительные конструктивные элементы, например, улитки, звездочки, розетки и другие устройства для подкрутки газа.

Запыленный газ поступает в циклон по тангенциально расположенному патрубку 1, в результате чего приобретает вращательное движение. Совершив 2-3 оборота в кольцевом зазоре между корпусом и центральной трубой, газ винтообразно опускается вниз, причем в конусной части аппарата

5 вследствие уменьшения диаметра скорость вращения потока увеличивается. Под действием центробежной силы частицы пыли отбрасываются к стенкам циклона, благодаря чему основная масса пылевых частиц сосредотачивается в потоке газа, движущегося в непосредственной близости от стенок аппарата. Этот поток направляется в нижнюю часть корпуса, частицы пыли при этом попадают в пылесборник 7, а газ, совершив крутой поворот, по центральной трубе 8 выводится из аппарата. Общий вид и схема движения газов показана на рисунке 4.

Таким образом, в циклоне протекают сложные аэродинамические процессы, от совершенства которых зависит эффективность работы этих аппаратов.

При работе циклона на частицу, движущуюся в поле центробежных сил, действуют три составляющие: центробежная сила, отбрасывающая частицу к стенке циклона, сила сопротивления движению частицы в радиальном направлении, сила тяжести. Частицы массой  $m$ , двигающаяся по круговой траектории с тангенциальной скоростью подвержена действию центробежной силы. Для типичных условий эта сила примерно в 39 раз превышает силу тяжести. Поэтому указанная сила может резко увеличить осаждение в камере. На практике система улавливания частиц создается путем придания запыленному потоку закрученного или вращательного движения, ограниченного цилиндрическими стенками. Частицы осаждаются при отбрасывании на стенки. Обычно в циклонах центробежное ускорение в несколько сот, а то и тысячу раз больше ускорения силы тяжести, поэтому даже весьма маленькие частицы пыли не в состоянии следовать за газом, а под действием центробежной силы движутся к стенке.

Эффективность улавливания частиц пыли в циклоне прямо пропорциональна скорости газов в степени  $1/2$  и обратно пропорциональна диаметру аппарата также в степени  $1/2$ . Процесс целесообразно вести при больших скоростях и небольших диаметрах. Однако увеличение скорости может привести к уносу пыли из циклона и резкому увеличению

гидравлического сопротивления. Поэтому целесообразно увеличить эффективность циклона за счет уменьшения диаметра аппарата, а не за счет роста скорости газов. Оптимальное соотношение  $H/D = 2-3$ .

В промышленности принято разделять циклоны на высокоэффективные и высокопроизводительные. Первые эффективны, но требуют больших затрат на осуществление процесса очистки; циклоны второго типа имеют небольшое гидравлическое сопротивление, но хуже улавливают мелкие частицы.

Существуют циклоны двух основных типов с тангенциальным входом и с осевым входом. В циклонах с осевым входом газ поступает через центральный штуцер вблизи одного из оснований цилиндра. Он обтекает лопасти, которые сообщают потоку вращательное движение. Уловленные частицы выносятся периферическим потоком, а чистый газ выходит в центре противоположного основания цилиндра.

Циклоны изготавливают из обычной углеродистой стали, однако, если необходимо обеспечить работу при высоких температурах в агрессивной атмосфере или улавливать абразивные частицы, можно использовать любой другой металл или керамический материал. Важно, чтобы внутренние поверхности были гладкими. Устройство не содержит движущихся частей, поэтому его эксплуатация проста и относительно легка в обслуживании [ 2].

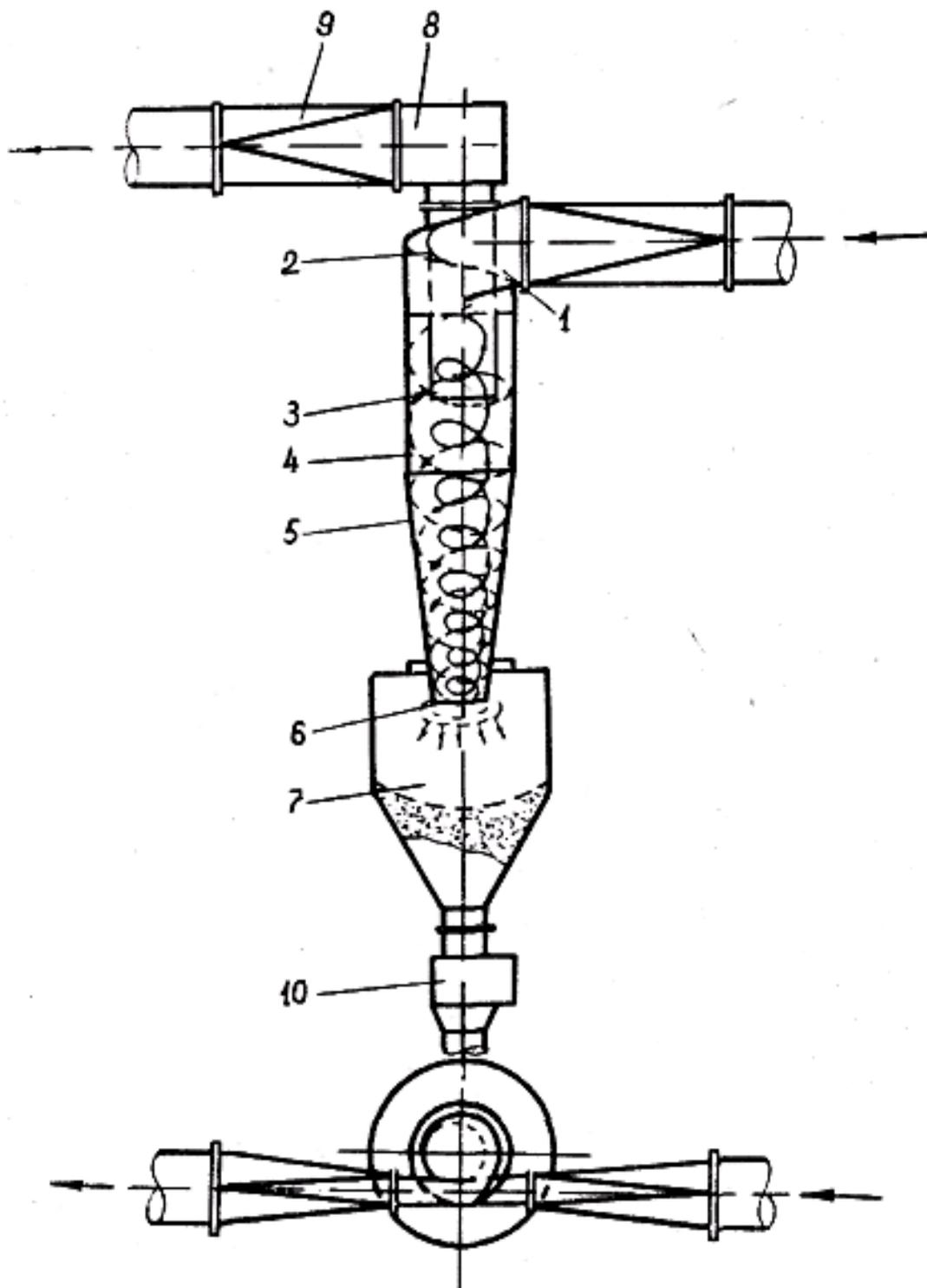


Рисунок 4 – Циклон НИИОГАЗ (общий вид и схема движения газов)

1-входной патрубков; 2-винтообразная крышка; 3-вхлопная труба; 4-корпус (цилиндрическая часть); 5-корпус (коническая часть); 6-пылевупускное отверстие; 7-бункер; 8-улитка для вывода газов; 9-газоход очищенных газов; 10-пылевой затвор

## **2.5. Теоретические основы работы тканевых фильтров**

Фильтрацию запыленных газовых потоков от содержащихся в них твердых частиц через пористые среды различных видов, в том числе и через ткани широко используют в металлургии.

Наиболее распространенным типом тканевого фильтра является рукавный фильтр. Главным элементом такого фильтра является рукав, изготовленный из фильтровальной ткани. Корпус фильтра разделен на несколько герметизированных камер, в каждой из которых размещено по несколько рукавов. Газ из газопровода грязного газа подводится в нижнюю часть каждой камеры и поступает внутрь рукавов. Фильтруясь через ткань, газ проходит в камеру и через открытый выпускной клапан выходит из нее, поступая в газопровод чистого газа. Частицы пыли, содержащиеся в грязном газе, оседают на внутренней поверхности рукава, в результате чего сопротивление рукава проходу газа постепенно увеличивается.

Когда оно достигнет некоторого предельного, по условиям тяги, значения, фильтр переводится на режим регенерации, т.е. рукава освобождаются от осевшей на них пыли. Наиболее часто регенерация осуществляется обратной продувкой. Продувочный воздух от вентилятора направляют внутрь камеры, через открытый продувочный клапан (выпускной клапан закрыт). Фильтруясь через рукава в обратном направлении, он разрушает слой пыли, образовавшийся на внутренней поверхности рукава, которая падает в бункер, откуда удаляется при помощи шнека или другого устройства. Отработавший продувочный воздух через подводящий газ патрубок поступает в газопровод грязного газа. В целях повышения эффективности регенерации одновременно встряхивают рукава с помощью специального встряхивающего механизма, перемещающего вверх и вниз крышку, к которой крепится рукав. Камеры фильтра переводят на регенерацию по очереди.

При проходе газа через чистую ткань в начальный период работы, происходит осаждение частиц пыли на волокнах ткани. Захват частиц

волокнами происходит за счет действия механизмов касания, инерции диффузии, гравитации и электростатического взаимодействия. Далее на лобовой стороне фильтра начинает формироваться сплошной слой из частиц пыли, которые не проникают вглубь ткани. Образующийся вторичный лобовой слой начинает сам задерживать поступающие частицы, в результате чего толщина его постепенно возрастает, и он становится главной фильтрующей средой. Поскольку поры, образующиеся между частицами лобового слоя, и сами улавливаемые частицы имеют близкие размеры, значительную роль начинает играть ситовый эффект.

Непроницаемость вторичного пылевого слоя для вновь поступающих частиц всех размеров хорошо объясняет обычно очень высокую степень очистки газов в тканевых фильтрах в запыленном состоянии, нередко превышающую 99,9 % для пыли любой дисперсности.

Снижение эффективности фильтра связано с динамическим пробоем этого слоя и проскоком пыли в местах разрушения слоя, образования трещин, а также наличием крупных пор в фильтрующем материале. Всякое увеличение внешних сил, действующих на систему, в частности рост перепада давления, способствует возникновению динамических пробоев слоя.

Оптимальные значения скорости фильтрации в тканевых фильтрах лежат в пределах 0,5 – 1,0 м/мин. При больших скоростях фильтрации эффективность тканевых фильтров снижается вследствие выноса пылевых частиц, а гидравлическое сопротивление становится чрезмерно высоким. При меньших скоростях фильтрации необходимая поверхность фильтра возрастает.

В процессе регенерации, как гидравлическое сопротивление, так и эффективность фильтра снижаются. Поэтому при регенерации следует разрушать и удалять пылевой слой, оставляя проникшую внутрь пыль в порах ткани. Для этого обратную продувку ведут при невысоких скоростях, соизмеримых со скоростями фильтрации [ 2 ]. Схема рукавного фильтра представлена на рисунке 5.

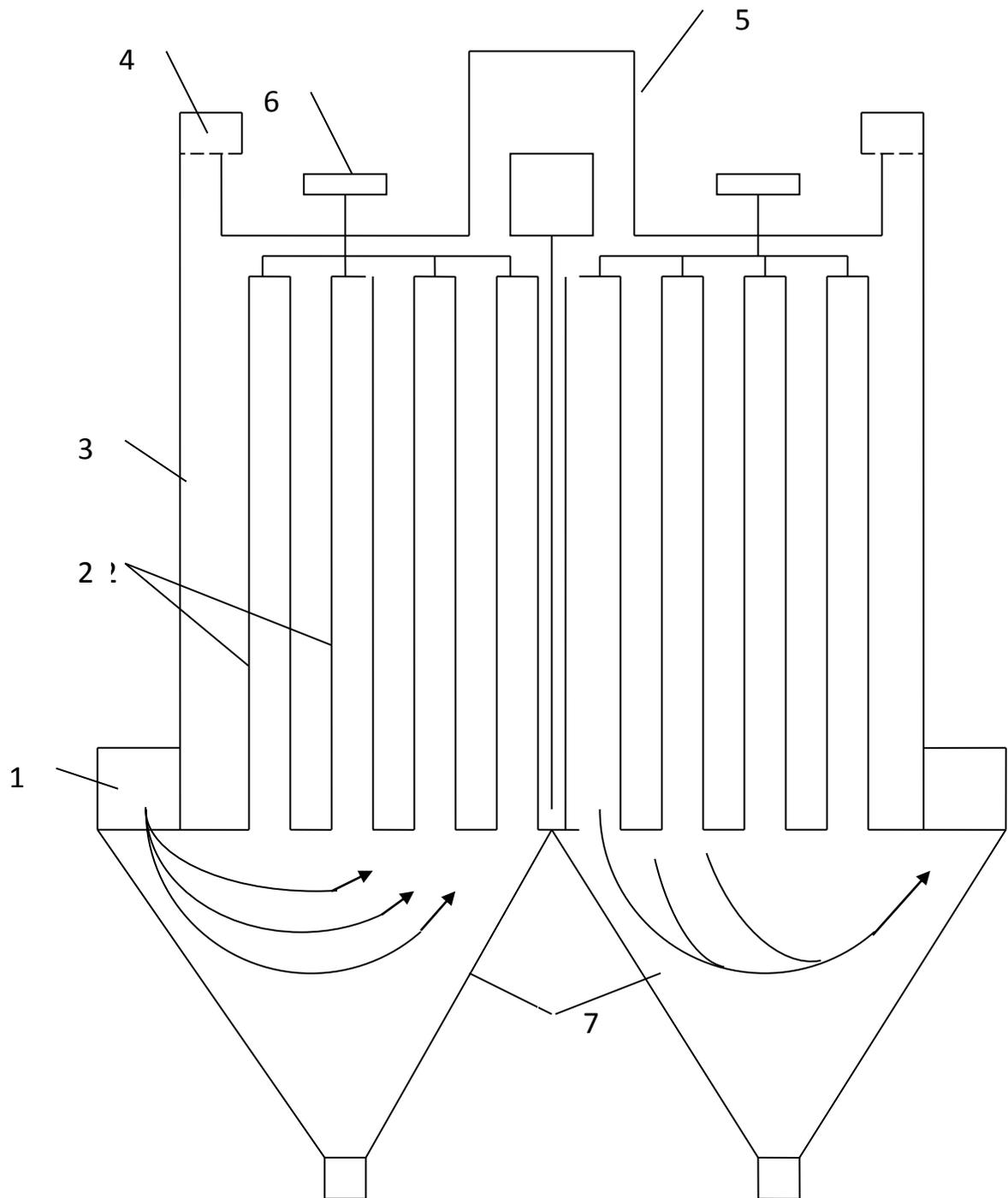


Рисунок 5 – Схема рукавного фильтра

1 – газопровод грязного газа; 2 – рукава; 3 – корпус секции; 4 – воздухопровод продувочного воздуха; 5 – газопровод чистого газа; 6 – механизм встряхивания; 7 - бункер

## 5 Финансовый менеджмент

### 5.1 Плата за выбросы

Экономический расчет сводится к расчету платы за выбросы до применения очистного оборудования и после, и сравнение результатов расчетов.

Плата за выбросы рассчитывается в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 12.06.2003 с изменениями от 01.07.2005 по формуле:

$$\Pi = \sum_{i=1}^n \Pi_{\text{б}} * K_{\text{ЭК}} * K_{\text{ст}} * K_{\text{инф}} * G,$$

где  $K_{\text{ЭК}} = 1,2$  - коэффициент для Западно- Сибирского региона;

$K_{\text{ст}} = 1,2$  - коэффициент статуса для города;

$K_{\text{инф}} = 0,9$  – коэффициент инфляции;

$G$  – количество выбросов вещества в год, т / г;

$\Pi_{\text{б}}$  – балансовая стоимость за выброс 1 тонны вещества, руб / т.

Количество выбросов загрязняющего вещества в год рассчитаем по формуле:

$$G = M \cdot T,$$

где  $M$  – массовый расход загрязняющего вещества в воздухе, поступающем на очистку, кг / час [данные берутся из таблиц материального баланса];

$T$  – число часов работы источника выделения ЗВ в год, час/год [ данные берем из таблицы 1, с. 12 ].

$$\sum G_{\text{п}} = 175,9 \cdot 3000 + 76,6 \cdot 6000 + 84 \cdot 6000 + 120 \cdot 6000 + 200 \cdot 6000 = 3411,3 \text{ кг}$$

$$G_{\text{CO}_2} = 908,2 \cdot 6000 = 4237,3 \text{ кг}$$

$$G_{\text{SO}_2} = 4,2 \cdot 6000 = 685,8 \text{ кг}$$

$$G_{\text{NO}} = 0,09 \cdot 6000 = 24,5 \text{ кг}$$

$$G_{\text{NO}_2} = 0,56 \cdot 6000 = 226,4 \text{ кг}$$

Результаты расчетов оформим в таблице 14.

Таблица 14 – Размер платы за выбросы до применения очистного оборудования

Наименование ЗВ	Код ЗВ	Класс опасност и	ПДКм.р. , мг/м <sup>3</sup>	ПДКс.с. , мг/м <sup>3</sup>	G, т/год	Пб, руб/ т	П, руб/го д
Пыль неорганическа я SiO <sub>2</sub> 20 – 70 %	290 9	3	0,5	0,15	3411, 3	13,7	60568, 3
Оксид углерода	033 7	4	5,0	3,0	5449, 2	0,6	4237,3
Диоксид серы	033 0	3	0,5	0,05	25,2	21	685,8
Оксид азота	030 4	3	0,4	0,06	0,54	35	24,5
Диоксид азота	030 1	3	0,2	0,04	3,36	52	226,4
Всего							65742,3

Количество загрязняющего вещества в выбрасываемом воздухе рассчитаем по формуле:

$$G = M \cdot T,$$

где M – массовый расход загрязняющего вещества в очищенном воздухе, кг / час [данные берутся из таблиц материального баланса];

T – число часов работы источника выделения ЗВ в год, час/год [ данные берем из таблицы 1, с. 12 ].

$$\sum G_{\text{п}} = 5,3 \cdot 3000 + 1,5 \cdot 6000 + 1,68 \cdot 6000 + 8,4 \cdot 6000 + 6 \cdot 6000 = 121,4 \text{ кг}$$

$$G_{\text{No}} = 0,09 \cdot 6000 = 24,5 \text{ кг}$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 13.

Таблица 15 – Размер платы за выбросы после установки очистных сооружений

Наименование ЗВ	Код ЗВ	Класс опасности	ПДКм.р. , мг/м <sup>3</sup>	ПДКс.с. , мг/м <sup>3</sup>	G, т/год	Пб, руб/ т	П, руб/го д
Пыль неорганическая SiO <sub>2</sub> 20 – 70 %	290 9	3	0,5	0,15	121, 4	13,7	2155,5
Оксид азота	030 4	3	0,4	0,06	0,54	35	24,5
Всего	2180						

Экономия денежных средств за счет уменьшения платы за выбросы составляет:

$$65742,3 - 2180 = 63562,3 \text{ руб.}$$

Вывод: применение пылеочистного оборудования дает экономию денежных средств предприятия в размере 63562,3 руб.

## 5.2. Расчет срока окупаемости

Рыночная стоимость газоочистного оборудования:

Циклон марки ЦН – 15 составляет 635 772 рубля

Рукавного фильтра марки ФР – 5000 составляет 206 400 рублей

Дымососа марки Дн – 21 составляет 617 580 рублей

Общая стоимость себестоимость разработанного проекта, руб

$$C_{\text{ст.оборуд}} = 635\,772 + 206\,400 + 617\,580 = 1\,459\,752$$

Срок окупаемости рассчитаем по формуле:

$$T = \frac{C}{\Pi}$$

где,

C – стоимость себестоимость разработанного проекта

Π – годовая прибыль = 810 095 рублей

Расчет годовых эксплуатационных ( $C_{\text{экс}}$ ) затрат производится по формуле:

$$C_{\text{экс}} = C_{\text{з.п}} + C_{\text{а}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{т.р}}$$

Где,

$C_{\text{з.п}}$  – затраты на зарплату обслуживающего персонала с начислениями, руб;

$C_{\text{а}}$  – амортизационные отчисления от стоимости оборудования и устройств сети и нематериальные активы, руб;

$C_{\text{эл}}$  – затраты на электроэнергию, руб;

$C_{\text{т.р}}$  – затраты на текущие работы, руб.

Затраты на заработную плату обслуживающего персонала, с учётом налоговых отчислений рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{\text{з.п}} = C_{\text{осн}} + \text{СН}$$

Где;

$C_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

СН – отчисление во внебюджетные фонды по ставке 30% от сумм облагаемых доходов, выплаченных работодателем.

Для обслуживания очистного оборудования требуется 4 аппаратчика 5-го разряда.

Основная заработная плата аппаратчика 5-го разряда = 25 000 рублей

Налоговые отчисления составляют:

$$\text{СН} = 25\,000 * 0,13 = 3250 \text{ руб}$$

$$C_{\text{з.п}} = (25\,000 + 3250) * 4 = 113\,000 \text{ руб}$$

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{а}} = C_{\text{бал}} * N_{\text{а}}$$

Где,

$C_{\text{бал}}$  – балансовая стоимость оборудования, руб.;

$N_a$  – норма годовых амортизационных отчислений.

Балансовая стоимость оборудования для проекта составляет:

$$C_{\text{бал}} = 1\,459\,752 \text{ рубля}$$

Норма годовых амортизационных отчислений для газоочистного оборудования в РФ составляет 20%

Таким образом, амортизационные отчисления составляют:

$$C_a = 1\,459\,752 * 0,2 = 291\,950,4 \text{ рубль}$$

Затраты на потребляемую электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{эл}} = W_v * T_g * S_{\text{эл}}$$

Где,

$W_v$  – установленная мощность, кВт;

$T_g$  – время работы оборудования, час;

$S_{\text{эл}}$  - тариф на электроэнергию для юридических лиц, руб.

По проекту ПДВ время работы газоочистных установок цеха помол составляет 8760 ч/год.

Установленная мощность для дымососа составляет,  $W_v = 284$  кВт. Тариф на электроэнергию  $S_{\text{эл}} = 3,0$  рублей за кВт (для юридического лица).

От дымососа потребление электроэнергии в год составит:

$$Э_э = 284 * 3,0 * 8760 = 74\,635,2 \text{ рубля.}$$

Затраты на текущий ремонт определяются по формуле:

$$C_T = \frac{C_{\text{бал}} * N_{\text{тр}}}{100}$$

Где;

$C_{\text{бал}}$  – балансовая стоимость оборудования, руб;

$N_{\text{тр}}$  – норма отчислений на текущий ремонт (составляет 5% от балансовой стоимости), руб.

Затраты на текущий ремонт проектируемого рукавного фильтра ФР-5000 составят:

$$C_T = 1\,459\,752 * 0,05 = 72\,987,6 \text{ рублей}$$

Расчет годовых эксплуатационных затрат представлен в таблице 16

Таблица 16 Эксплуатационные затраты отделения подготовки песка

№ п/п	Статьи затрат	Сумма затрат, руб
1	Фонд оплаты труда	113 000
2	Затраты на электроэнергию	74 635,2
3	Амортизационные отчисления	291 950,4
4	Затраты на текущий ремонт	72 987,6
Итого:		552 573

Таким образом срок окупаемости будет равен:

$$T = \frac{2\,012\,325}{810\,095} \approx 2,5 \text{ года}$$

где,

$C$  – себестоимость разработанного проекта =  $C_{\text{ст.оборуд}}$  +  $C_{\text{экс}}$

$C = 1\,459\,752 + 552\,573 = 2\,012\,325$  рублей

$P$  – годовая прибыль, руб.

## Список используемой литературы

1. Шевкунова Л.Н., Вохминов С.А. Проект нормативов предельно – допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. – Новосибирск: 1987.- 72 с.
2. Волкова А.А., Шашмурина Е.В. Выбор и расчет средств по пылегазоочистке воздуха. – ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2009 – 16 с.
3. Расчет выбросов загрязняющих веществ от литейных цехов: Методическое пособие по выполнению практической работы по курсу «Промышленная экология» для студентов специальности 320700 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» /Сост. Бондалетова Л.И., Новиков В.Т., Алексеев Н.А. – Томск : Изд. ТПУ, 2000 – 34 с.
4. Справочник по пыли – и золоулавливанию. Под общ. ред. А.А. Русанова. М., «Энергия», 1975. – 296 с.
5. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: Справочник Т.1 /А.С. Тимонин; Московский государственный университет инженерной экологии. – Калуга: Издательство Н.Бочкаревой, 2001 – 756 с.
6. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
7. Макаров Г.В., Васин А.Я., Маринина Л.К., Софинский П.И., Старобинский В.А., Торопов Н.И. Охрана труда в химической промышленности. – М. : Химия, 1989. – 496 с.; ил.
8. Охрана труда и экологическая безопасность в химической промышленности: Учебник для вузов. Изд. 2 /Бобков А.С., Блинов А.А., Роздин И.А., Хабарова Е.И. – М. : Химия, 1998 – 400 с.: ил.
9. Ляпков А.А. Технология производств очистки промышленных выбросов: Учебное пособие. – Томск : Изд. ТПУ, 2002. – 254 с.
10. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылеулавливание и очистка газов. М. : Металлургия, 1968 - 499 с., издание 2-е.

11. Насосы, вентиляторы, кондиционеры : Справочник / Росляков Е.М., Коченков Н.В., Золотухин И.В. и др.; Под ред. Е.М. Рослякова. – СПб. : Политехника, 2006. – 822 с. : ил.
12. ГОСТ 7769 – 82 Чугун легированный для отливок со специальными свойствами.
13. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистка промышленных газов : Справочное издание. – М.: Металлургия, 1986 – 544 с.
14. Циклоны НИИОГАЗ. Руководящие указания по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации. Всесоюзное общество по очистке газов и пылеулавливанию. - Ярославль 1970 - 95 с.
15. Павлов К.Ф., Романков П.Г, Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
16. Андоньев С.М., Филиппьев О.В. Пылегазовые выбросы предприятий черной металлургии. – М. : Металлургия, 1979. – 192 с.
17. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
18. Беляков Г.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве (охрана труда): Учебник для вузов. – СПб. : Лань, 2006. – 512 с.: ил.
19. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учебн. пособие для вузов /Д.А.Кривошеин, Л.А.Муравей, Н.Н.Роева и др.; Под ред. Л.А.Муравья. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с.
20. Штокман Е.А. Очистка воздуха. – М. : АСВ, 1999 – 319 с.
21. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: Справочник Т.2 Проектирование литейных цехов и заводов /Ред. В.М. Шестопап. – М. : Машиностроение, 1974 – 294 с. с ил..
22. В.В. Бочкарев, А.А. Ляпков. Графическая часть курсовых и дипломных проектов: Учебно-методическое пособие: Издательство ТПУ. Томск 2006.
23. Техника защиты окружающей среды: Рабочая программа, метод. указ. И контр. задания для студентов спец. 280201 «Охрана окружающей среды и

рациональное использование природных ресурсов» ИДО/Сост. А.А. Ляпков.  
– Томск: Изд. ТПУ, 2006.-68с.

24.Старк С.Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии. – М. :  
Металлургия, 1977. – 328 с.