

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой БЖД
_____ / А.И. Сидоров /
«__» _____ 2017 г.

Оценка соответствия принципам НИДСТ (ВАТ – technology) систем очистки
воздуха на машиностроительном заводе

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 20.03.01.2017.413 ПЗ ВКР

Руководитель работы, доцент

_____ /А.И.Солдатов/
«__» _____ 2017 г.

Автор работы

студент группы П–459

_____ /Д.С. Просвирина /
«__» _____ 2017 г.

Нормоконтролер, доцент

_____ /А.В. Кудряшов /
«__» _____ 2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Просвирина Д.С. Оценка соответствия принципам НИДСТ (BAT - technology) систем очистки воздуха на машиностроительном заводе – Челябинск: ЮУрГУ, 2017г., 65 стр., 13 ил., 6 табл., библиогр. список – 13 наим.

В настоящее время в городе наблюдается напряженная обстановка с выбросами в атмосферу. Из-за большого количества выбросов, неблагоприятных метеорологических условий в городе устойчиво держится смог в течение длительного времени. Для решения этой проблемы необходимо устранить первопричину возникновения загрязнений, т.е. обеспечить снижение выбросов в атмосферу.

Одним из путей решения данной проблемы является модернизация систем очистки воздуха, которая позволит снизить уровень загрязнения атмосферы в городе.

В работе представлена характеристика машиностроительного завода, проанализирована эффективность систем очистки воздуха и ее соответствие принципам НИДСТ.

					20.03.01.2017.413ПЗ ВКР						
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
<i>Разраб.</i>	Просвирина Д.С.				<i>ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ПРИНЦИПАМ НИДСТ (BAT-technology) СИСТЕМ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗАВОДЕ</i>				3	65	
<i>Пров.</i>	Солдатов А.И.										
<i>Н. контр.</i>	Кудряшов А.В.							<i>ЮУрГУ</i>			
<i>Утв.</i>	Сидоров А.И.										

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	7
1.1 Наилучшие из доступных современных технологий по очистке воздуха	7
2 ХАРАКТЕРИСТИКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА	113
2.1 Общие данные	113
2.2 Структура предприятия	12
2.3 Основная продукция	12
2.3.1 Поковки, штамповки и готовая продукция	12
2.3.2 Фланцы и штамповки ТПА	13
2.3.3 Колеса и диски	14
2.3.4 Прицепная техника	14
3 ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗАВОДЕ	16
3.1 Общая характеристика загрязнений атмосферы	16
3.2 Актуальность загрязнения воздуха	22
3.3 Методы очистки воздуха на машиностроительном заводе	41
3.3.1 Характеристика циклонов	41
3.3.2 Характеристика карманного матерчатого фильтра	45
3.3.3 Характеристика гидрофильтров	46
4 РЕКОМЕНДАЦИИ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ НИДСТ	50
4.1 Рекомендации по организации очистки газовых выбросов от аэрозолей (пылей, туманов)	51
4.2 Рекомендации по организации очистке газовых выбросов от газообразных загрязнителей	52
4.3 Сопоставление соответствия требованиям принципов НИДСТ системы очистки воздуха	56
4.3.1 Сравнительная оценка системы очистки воздуха от аэрозолей	56
4.3.2 Сравнительная оценка системы очистки воздуха от газообразных загрязнителей	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	64

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в городе наблюдается напряженная обстановка с выбросами в атмосферу. Из-за большого количества выбросов, неблагоприятных метеорологических условий в городе устойчиво держится смог в течение длительного времени. Для решения этой проблемы необходимо устранить первопричину возникновения загрязнений, т.е. обеспечить снижение выбросов в атмосферу.

Вклад в загрязнении воздуха города также вносят «малозагрязняющие предприятия», такие как машиностроительный завод.

При производственной деятельности выделяются выбросы в различных фазных состояниях, такие как пыли разной дисперсности и газы.

Выбросы в атмосферу характеризуются различной степенью опасности и действием на человека. От 4 класса – вещества малоопасные (углерод оксид, бензин), до 1 класса – вещества чрезвычайно опасные (бенз(α)пирен). А по действию на организм человека: вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля над их содержанием в воздухе; вещества, способные вызывать аллергические заболевания в производственных условиях; канцерогены; аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

Таким образом, для снижения негативного воздействия выбросов, необходимо провести модернизацию системы очистки воздуха.

Цель: провести анализ существующих систем очистки воздуха на машиностроительном заводе и определить пути ее совершенствования.

Задачи работы:

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- обобщить и проанализировать данные об основных загрязнителях воздуха на машиностроительном заводе;
- оценить эффективность работы существующих систем очистки воздуха;
- произвести оценку соответствия существующих систем очистки воздуха принципам НИДСТ[13].

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	ЛИС
Изм.	ЛисN	№ докум.	Подпись	Дата		6

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Наилучшие из доступных современных технологий по очистке воздуха

Принципы Наилучших из доступных современных технологий (далее НИДСТ) разрабатывались с 70х годов прошлого века. В 1996 была принята Директива ЕС 96/61/ЕС «О комплексном предотвращении и сокращении загрязнения окружающей среды». В 2008 году в Директиву были внесены изменения.

НИДСТ – наиболее эффективные новейшие разработки для различных видов деятельности, процессов и способов функционирования, которые свидетельствуют о практической целесообразности использования конкретных технологий в качестве базы для установления разрешений на выбросы загрязняющих веществ в атмосферу с целью предотвращения загрязнения, или, когда предотвращение практически невозможно, минимизации выбросов в атмосферу.

На принципах НИДСТ создается информационно-техническая основа для внедрения системы нормирования и стандартизации, стимулирующая предприятия к снижению уровня антропогенного воздействия на атмосферный воздух.

В соответствии с принципом НИДСТ, нормирование негативного воздействия на окружающую среду должно основываться на базе технологий, отвечающих последним экономически доступным достижениям науки при минимальном уровне воздействия на экосистемы.

К числу критериев НИДСТ, кроме соотношения издержек и выгод, относятся:

- использование малоотходной технологии;
- использование веществ, в наименьшей степени опасных для человека и окружающей среды;
- возможность регенерации и рециклинга веществ, используемых в процессе;
- предыдущее успешное использование в промышленном масштабе сопоставимых процессов, установок, методов управления;

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

- технологические преимущества и повышение уровня научных знаний;
- природа, характер воздействия и удельные значения масс выбросов и сбросов, связанных с процессом;
- срок ввода в эксплуатацию для новых и существующих установок;
- сроки внедрения НДТ;
- потребление и характер сырья (включая воду), используемого в процессе;
- энергоэффективность;
- общее негативное воздействие выбросов-сбросов на окружающую среду и связанные с этим риски;
- вероятность аварий и связанные с этим риски.

Использование НИДСТ не является заменой соблюдения нормативов качества окружающей среды. Директива 2008/1/ЕС указывает на то, что если обеспечение нормативов качества окружающей среды требует более жестких условий разрешения, чем могут быть достигнуты с помощью НИДСТ, то в разрешении могут быть потребовано «выполнение дополнительных мероприятий без ущерба другим мерам, которые могут быть предприняты для соблюдения нормативов качества окружающей среды» [4].

В соответствии со статьей 16 Директивы 2008/1/ЕС, Европейская Комиссия должна организовывать «обмен информацией между государствами – членами и отраслями промышленности, заинтересованными во внедрении наилучших доступных технологий, и связанном с этим обменом мониторинге и развитием в данной области». Исходя из этого было принято решение учредить Европейское Бюро. Основным итогом деятельности Европейского Бюро стали рекомендательные Справочные документы по наилучшим доступным технологиям. Информация, содержащаяся в этих документах, предназначена для того, чтобы её можно было использовать при намерении внедрить НИДСТ на конкретном предприятии. Отраслевые Справочные документы содержат описание комплексных производственных процессов (технологий, методов), начиная с добычи сырья и кончая отправкой готовой продукции.

В целях предотвращения негативного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности в рамках российского законодательства

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

установлены требования по разработке нормативов допустимых выбросов/сбросов веществ и микроорганизмов в окружающую среду, нормативов допустимых физических воздействий (количества тепла, уровни шума, вибрации и пр.) на окружающую среду, нормативов образования отходов производства и потребления, которые должны обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды.

При этом установление нормативов допустимых выбросов и сбросов согласно ст. 19 и 23 ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ должно исходить из нормативов качества окружающей среды и технологических нормативов, а также с учетом международных правил и стандартов в области охраны окружающей среды [1].

Однако, несмотря на наличие в законодательстве основополагающих положений, касающихся нормирования на основе показателей НИДСТ, применение данного подхода затруднено ввиду отсутствия должного механизма реализации установленных норм. Отсутствие соответствующего нормативно-правового обеспечения рассматриваемой проблемы увеличивает риск необоснованного повышения экологических платежей за выбросы/сбросы и размещение отходов производства и потребления.

Таким образом, для повсеместного улучшения экологической обстановки в Российской Федерации целесообразно адаптировать положительный опыт европейских государств с учетом территориальной, экономической и социальной специфики РФ и устранить противоречия между положениями действующего законодательства и практикой регулирования в части нормирования допустимого воздействия на окружающую среду.

В рамках осуществления мероприятий по совершенствованию системы нормирования необходимо привязать нормативы допустимого воздействия на окружающую среду к существующим технологиям и обеспечить постепенное снижение выбросов/сбросов вслед за улучшением стандартов производства.

Реализация концепции должна осуществляться в два этапа:

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

– подготовительный, характеризующийся созданием правовой базы, необходимой для совершенствования системы нормирования и перехода предприятий на НИДСТ;

– переходный, в течение которого будет осуществляться фактический переход предприятий на НИДСТ.

На начальном этапе мероприятия по переходу на нормативы качества должны включать следующее: сокращение перечня веществ, в отношении которых устанавливаются нормативы, определение порядка измерения и соблюдения среднегодового показателя ПДК, учет природных и климатических особенностей территорий и акваторий. Учет при нормировании качества окружающей среды физических и биологических показателей необходим, но не является первоочередной мерой.

В настоящее время у природоохранных органов, как и у большинства предприятий, отсутствует техническая возможность по контролю и мониторингу большинства веществ, на которые установлены нормативы ПДК. Систематический контроль осуществляется периодически в отношении не более трех процентов от общего количества таких веществ, при этом предприятия обязаны соблюдать нормативы ПДК постоянно, независимо от внештатных ситуаций. Кроме того, отсутствует механизм их пересмотра и обновления.

Таким образом, необходимо сократить количество веществ, в отношении которых устанавливаются нормативы и за которыми осуществляется контроль, а также регламентировать процедуру пересмотра и обновления перечня таких веществ. Подобное преобразование приведет к повышению реалистичности расчета величин выбросов/сбросов для предприятий, усовершенствованию процедуры выдачи разрешений на выбросы/сбросы, эффективности системы государственного и производственного экологического контроля и мониторинга.

Фактическому переходу предприятий на НИДСТ должны предшествовать разработка перечней НИДСТ и утверждение порядка осуществления такого перехода.

Для разработки перечней НИДСТ необходимо, прежде всего, провести работу по определению видов деятельности, для которых необходимо установление

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

НИДСТ, и систематизации типовых для каждой отрасли промышленности технологий и технологических процессов.

Показателем эффективности перехода предприятия на использование наилучших доступных технологий будет являться технологический норматив предприятия, т.е. его удельные показатели, которые представляют собой:

– удельные показатели образования загрязняющих веществ, т.е. количество загрязняющих веществ, образующихся в результате применения технологических процессов в промышленном производстве, выраженные в кг на тонну выпускаемой продукции или единицу энергии;

– удельные показатели выбросов/сбросов, т.е. количество поступающих в окружающую среду веществ, выраженное в кг на тонну выпускаемой продукции или единицу энергии.

Последовательность перехода на НИДСТ предприятий будет выглядеть следующим образом:

– оценка производственной деятельности предприятия и подготовка плана модернизации. Подготовка плана модернизации необходима в случае, если объем выбросов/сбросов предприятия не будет соответствовать устанавливаемому нормативу предельно допустимого воздействия. План модернизации должен содержать описание производственной деятельности и этапы внедрения НИДСТ, выбранной из перечня НИДСТ и достаточной для достижения нормативов допустимого воздействия;

– согласование плана модернизации и установление временно согласованных лимитов. План модернизации подлежит согласованию с полномочным территориальным органом управления, принимающим во внимание природные особенности территории, на которой осуществляется деятельность, экономические, технологические и социальные факторы. В результате согласования плана модернизации в отношении предприятия будут установлены временно согласованные лимиты на выбросы/сбросы. Также будет согласована программа зачета средств, направляемых предприятием на модернизацию, в счет платы за негативное воздействие;

– реализация плана модернизации и поэтапное внедрение НИДСТ.

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Исходя из представленного выше следует, что одним из наиболее эффективных ограничений выбросов в атмосферу является внедрение системы нормирования негативного воздействия на окружающую среду, основанного на принципах НИДСТ и использующего технологические показатели выброса – показатель концентрации загрязняющего вещества, объема или массы выброса в единицу времени.

Для уменьшения выбросов или предотвращения их образования на предприятии используют специальные технологии, устройства для очистки газа, а также первичные мероприятия по предотвращению образования выбросов вредных веществ в атмосферный воздух.

При выборе мероприятий и систем по очистке воздуха необходимо рассмотреть следующие факторы:

- 1) исходная концентрация вредных веществ и требуемая степень очистки;
- 2) объемы очищаемых газов и их температура;
- 3) наличие сопутствующих газообразных примесей и пыли;
- 4) потребность во вспомогательных материалах;
- 5) размеры площадей для сооружения газоочистной установки;
- 6) простота эксплуатации и технического обслуживания;
- 7) климатические и природные ограничения и т.п.

Для установки наиболее эффективной системы очистки воздуха необходимо рассматривать данные факторы как единое целое.

Некоторые технологии очистки воздуха могут значительно увеличить расход энергии. В связи с этим, нужно обеспечить взаимодействие систем очистки воздуха, тем самым обеспечивая основное уменьшение выбросов основных загрязняющих веществ, и оказывая дополнительное воздействие на другие.

Результатом внедрения НИДСТ является достижение предельно допустимых нормативов и перевод производственной деятельности предприятия на более экологически чистые технологии. В дальнейшем нормативы могут быть пересмотрены с целью стимулирования продолжения процесса модернизации и улучшения экологической обстановки [12].

2 ХАРАКТЕРИСТИКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

2.1 Общие данные

Машиностроительное предприятие, которое является одним из крупнейших производителей в РФ. Среднесписочная численность рабочих 2 411 человек. Завод занимает площадь 1,12 км².

С юго-западной стороны машиностроительного завода примыкает металлургический завод, на севере и северо-западе жилой комплекс, на востоке расположена сеть небольших озер.

За год в розе ветров города преобладают ветра южного, юго-западного и северо-западного направления. Наименьшая повторяемость у ветров восточного северо-восточного направления. В течение года распределение меняется: зимой преобладают юго-западные и южные ветра, в летние месяцы преобладают ветры западные, северо-западные и северные.

Исходя из розы ветров (Рисунок 1), можно заключить, что основные выбросы с предприятия, производимые в атмосферу, распространяются большей частью на жилой комплекс.

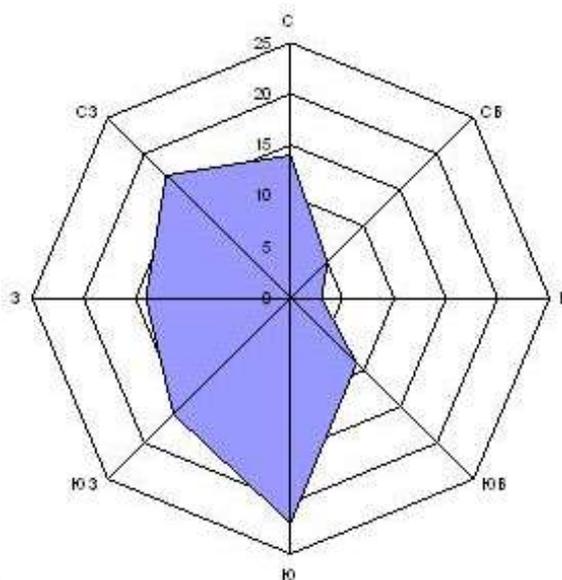


Рисунок 1 – Роза ветров города

2.2 Структура предприятия

В состав машиностроительного завода входит 15 цехов. Основные производственные подразделения предприятия:

- кузнечное производство;
- производство штампов;
- механическая обработка металлоизделий;
- сварочное производство;
- термообработка изделий из металлов,
- производство специальных сплавов,
- ремонтное производство;
- литейное производство.

2.3 Основная продукция

2.3.1 Поковки, штамповки и готовая продукция

Предприятие специализируется на выпуске комплектующих для двигателей, мостов, продукции для грузоподъемной техники, коробки передач и других основных агрегатов для любого транспорта и техники самого различного направления, начиная от автобуса и заканчивая комбайном (Рисунок 2).

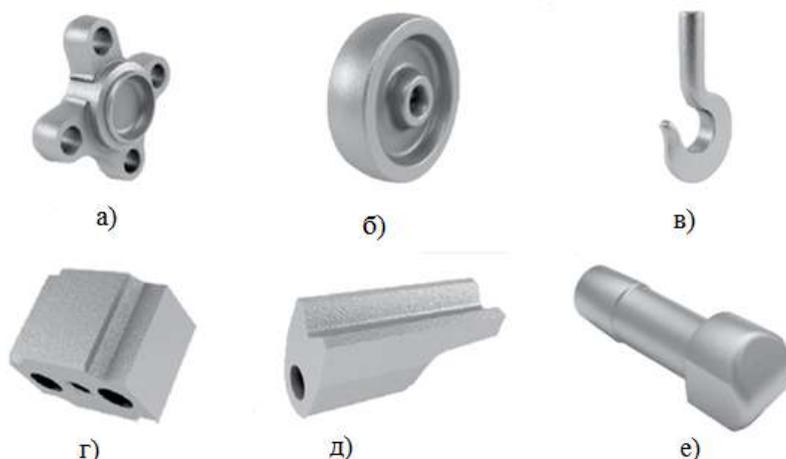


Рисунок 2 – Виды продукции: а) фланец М102; б) колесо крановое ВП77; в) крюк 20А – 1; г) кронштейн МР279; д) кронштейн МР106; е) шкворень У2260 30.

09. 002

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

2.3.2 Фланцы и штамповки ТПА

Завод производит фланцы и штамповки ТПА следующих категорий : штамповки задвижек стальных компактных, штамповки задвижек клиновых, штамповки клапанов паросиловых, штамповки клапанов запорных, детали магистральных шаровых кранов, детали устьевой и фонтанной арматуры, детали элеваторов трубных, штамповки фланцев, клапаны и задвижки арматуры для тепловых станций.

На заводе осуществляется изготовление трубопроводной арматуры для ТЭЦ и АЭС, такой как клиновые задвижки, обратные клапаны и проч. Штамповка фланцев (производство фланцев) и прочих комплектующих для энергетики обладающих повышенными показателями надежности, долговечности и практичности.

Также завод реализует фланцы собственного производства, в том числе заготовки фланцев (штамповки) и готовые механически обработанные фланцы основных типоразмеров.



Рисунок 3 – Виды фланцев и штамповок ТПА: а) фланцы (механически обработанные); б) штамповки фланцев; в) основные виды штамповок ТПА; г) штамповки задвижек стальных компактных; д) штамповки задвижек клиновых; е) штамповки клапанов паросиловых

2.3.3 Колеса и диски

Машиностроительный завод осуществляет производство различных комплектующих для автомобильных колес (Рисунок 4):

1) производство колесных дисков к автомобилям малой грузоподъемностью, к грузовым автомобилям средней, повышенной проходимости, автобусам, троллейбусам, к широкой гамме прицепной автомобильной, специальной и сельскохозяйственной техники.

2) производство бездисковых колес, которые широко эксплуатируются на технике средней и повышенной грузоподъемности.



Рисунок 4 – Виды колес и дисков: а) колеса для автомобилей малой грузоподъемности; б) колеса для грузовых автомобилей, автоприцепов, автобусов с 15 град. посадочной полкой; в) колеса для большегрузных автомобилей и строительно-дорожной техники под односкатную ошиновку; г) колеса для с/х машин

2.3.4 Прицепная техника

Завод осуществляет производство тралов, полуприцепов и прицепов различных видов и модификаций: низкорамные полуприцепы, высокорамные

тралы повышенной проходимости; бортовые полуприцепы повышенной проходимости (сортиментовозы/трубовозы); прицепы и полуприцепы сортиментовозы, прицепы-самосвалы, панелевозы (Рисунок 5).



Рисунок 5 – Виды прицепной техники: а) прицепы тяжеловозы низкорамные; б) полуприцепы тяжеловозы высокорамные; в) прицепы и полуприцепы сортиментовозы (лесовозы); г) бортовые полуприцепы и шасси

При производственной деятельности машиностроительного завода изготавливается различная продукция, с помощью различных материалов. Вследствие этого при процессе производства образуются загрязняющие вещества, различной природы.

3 ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗАВОДЕ

3.1 Общая характеристика загрязнений атмосферы

При производственной деятельности завода выделяются выбросы в различных фазных состояниях и пыли разной дисперсностью. Выбросы обусловлены условиями проведения производственного процесса (технологией, использование исходного материала, системой вентиляции и вытяжки, герметичности оборудования и т.д.).

При производстве в цехах горячей и холодной обработки металлов в воздух производственных помещений выделяется много пыли, токсических и раздражающих газов.

В литейных цехах пыль образуется при процессах приготовления формовочной и стержневой массы, очистке и обрубке литья и т. д. Токсические вещества выделяются при плавке и заливке металла, сушке ковшей, изготовлении стержней и при других процессах.

В кузнечных цехах пыль в виде сажи выделяется при неудовлетворительном отводе продуктов горения.

В термических цехах для улучшения поверхностного слоя металла используются химические процессы: цементация, азотирование, цианирование и т.д. Процесс цементации протекает в порошкообразной среде – смеси древесного угля с содой, либо в ваннах с цианидом натрия и калия, либо в потоке аммиака в печах. При этом могут выделяться как пыль, так и вредные газы.

В механических цехах процессы обточки, шлифовки, полировки сопровождаются пылевыведением, интенсивность которого зависит от вида обрабатываемого металла, используемого абразивного или другого инструмента, сухого или влажного метода обработки, наличия и конструкции пылеотсасывающих устройств. При обработке металлов используются токарные, фрезерные, сверлильные, точильные, шлифовальные, полировальные и другие станки, при работе которых применяются смазочно-охлаждающие жидкости

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	ЛИС
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

(СОЖ). В результате механического разбрызгивания и испарения СОЖ, так как температура режущего инструмента, орошаемого СОЖ, может достигать нескольких сот градусов, ее компоненты поступают в воздух в виде масляных и иных аэрозолей, а также сложных парогазовых смесей [7].

По данным, представленными в таблице 1, можно сделать вывод о характере веществ, которые поступают в атмосферу.

Выбросы в атмосферу характеризуются различной степенью опасности и действием на человека. От 4 класса – вещества малоопасные (углерод оксид, бензин), до 1 класса – вещества чрезвычайно опасные (бензапирен). А по действию на организм человека: вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля над их содержанием в воздухе; вещества, способные вызывать аллергические заболевания в производственных условиях; канцерогены; аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (далее АПФД).

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Изм.
Лист
№ докум.
Подпись
Дата

Таблица 1 – Сводная таблица загрязнителей воздуха на машиностроительном заводе

Название вещества	Количество вещества		
	г/с	мг/м ³	т/год
диЖелезо триоксид (железа оксид) (в пересчете на железо)	7,7563904	4635,99164	60,830824
Пыль абразивная (корунд белый, монокорунд)	0,4471005	511,02251	2,729927
Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	0,1026289	78,88730	0,548650
Азота диоксид (азот (IV) оксид)	4,8632101	2098,57098	58,166511
Азот (II) оксид (азота оксид)	0,7320357	366,32740	9,372420
Масло минеральное нефтяное	0,20680	58,355950	2,80711
Бенз/а/пирен (3,4-бензпирен)	2,31E-06	697,7E-06	3016,7E-08
Углерод оксид	16,0026095	8493,9287800	199,7158620
Углерод (сажа)	0,0059988	0,70295	0,166429
Бензин (нефтяной, малосернистый)	0,9123798	15,27144	6,083635
Керосин	0,0421972	4,14902	6,837022
Сера диоксид-ангидрид сернистый	0,0190969	716,651880	8,990305
Пыль древесная	0,522009	203,12211	2,96286
Пыль неорганическая: 70–20 % SiO ₂	2,4066830	828,61934	9,122990
Фториды плохо растворимые	0,0000430	0,02719	0,000345

200301.2017. 459. ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Продолжение таблицы 1			
					Название вещества	Количество вещества		
			г/с	мг/м ³		т/год		
					Триэтиламин	0,6310096	279,25371	11,340000
					Диметилбензол (ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	1,9122933	866,48594	4,865510
					Бутан-1-ол (спирт н-бутиловый)	1,8339371	849,64518	3,934166
					Взвешенные вещества	0,0681356	12,49662	0,333104
					(Хлорметил)оксиран (эпихлоргидрин)	0,0000440	0,03531	0,518000
					Акриловой кислоты бутиловый эфир	0,0000870	0,06982	1,036000
					Проп-2-еновая кислота (акриловая кислота)	0,0000200	0,01605	0,240000
					Метилбензол (толуол)	0,0924796	16,86298	0,882680
					Сольвент нефтя	0,7860793	124,70226	1,882220
					Хрома трехвалентные соединения	0,0084641	2,79084	0,052529
					Дигидросульфид (сероводород)	0,0005890	0,00000	0,051211
					Пентилены (амилены – смесь изомеров)	0,0240000	0,00000	0,001470
					Бензол	0,0192000	0,00000	0,001180
					Этилбензол	0,0074900	0,00000	0,614030
					Углеводороды предельные C ₁₂ –C ₁₉	0,4447800	0,00000	38,710170

200301.2017.459 ПЗ

Изм.
Лист
№ докум.
Подпись
Дата

Продолжение таблицы 1

Название вещества	Количество вещества		
	г/с	мг/м ³	т/год
2-Этоксэтанол (этилцеллозольв)	0,0184316	2,88768	0,252298
Этан-1,2-диол (этиленгликоль)	0,3714559	198,00555	0,65648
Этилкарбитол	0,3714559	198,00555	0,65648
Барий и его соли	0,009	9,19432	0,009720
Соляная кислота	0,0090000	9,19432	0,009720
Медь оксид (меди оксид) (в пересчете на медь)	0,0166667	10,28738	0,024000
Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	0,0002667	0,16462	0,000960
Цинк оксид (в пересчете на цинк)	0,0017500	1,08017	0,006300
Гидроксибензол (фенол)	0,0000050	0,00135	0,000009
Формальдегид	0,0000060	0,00162	0,000011
1-Фенилэтанол (ацетофенон)	0,0000240	0,00648	0,000043
Фуран-2-альдегид (фурфурол)	0,0003280	0,08857	0,000591
(Хлорметил)оксиран (эпихлоргидрин)	0,0000440	0,03531	0,518000
Уайт-спирит	0,2651534	41,54142	0,458186

200301.2017.459 ПЗ

Продолжение таблицы 2

Название вещества	ПДК, мг/м ³
2-Этоксэтанол (этилцеллозольв)	30/10
Этан-1,2-диол (этиленгликоль)	10/5
Этилкарбитол	0
Барий и его соли	0,5
Соляная кислота	0,2/0,1
Медь оксид (меди оксид) (в пересчете на медь)	-/0,002
Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	0,001/0,0003
Цинк оксид (в пересчете на цинк)	0,5
Гидроксibenзол (фенол)	0,3
Формальдегид	0,5
1-Фенилэтанол (ацетофенон)	5
Фуран-2-альдегид (фурфурол)	10
Кремния диоксид аморфный	6/2

*Примечание: в столбце ПДК в числителе указывается максимальная разовая концентрация, в знаменатели – среднесуточная концентрация.

3.2 Актуальность загрязнения воздуха

При процессе производства продукции на крупных предприятиях в атмосферу выбрасывается более 17 00 тыс. т/год загрязняющих веществ. На рисунке 6 представлен общий объем выбросов загрязняющих веществ в 2014 году.

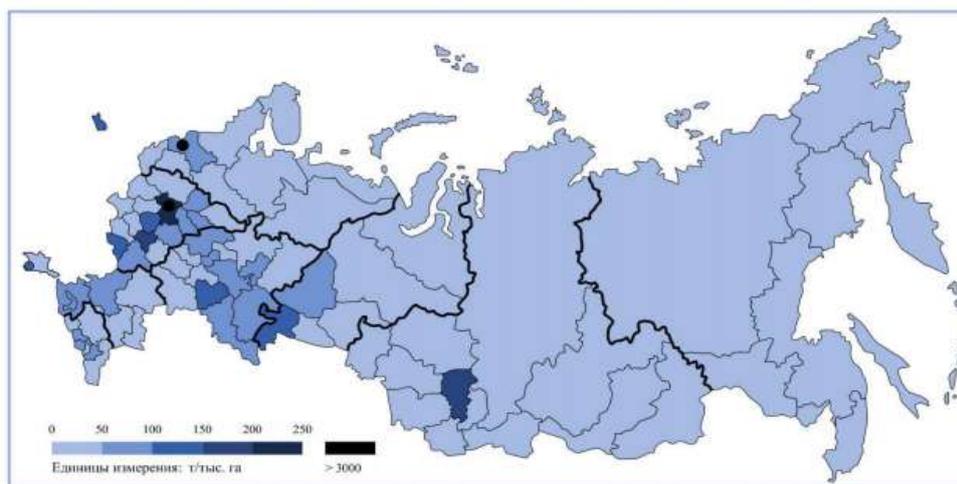


Рисунок 6 – Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на единицу площади в регионах РФ в 2014 году



Рисунок 8 – Смог над городом на период 17 января 2017 г

На машиностроительном заводе основными источниками загрязнения атмосферы являются следующие виды производств: сварка, тепловая резка металлов; литейное производство; механическая обработка металлов; нанесение лакокрасочных покрытий. При этих процессах производства выделяются выбросы в различных фазных состояниях, такие как пыли разной дисперсности и газы и с разной концентрацией. Из всех производственных цехов можно выделить, как наиболее «грязные» цеха: Цех №1, Цех №2, Цех №8, Цех № 11, Цех № 14 и Цех № 15.

Сопоставим уровень ПДК в цехах нормативным значениям концентраций.

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Изм.	Лист	Таблица 3 – Сопоставление превышения уровня ПДК загрязняющих веществ и процентная оценка очистки воздуха от этих веществ						
№ док.м.	Подпись	Дата	Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
20.03.01.2017.459 ПЗ			Цех 1	диЖелезо триоксид (Железа оксид) (в пересчете на железо)	70,10157	-/0,04	1752,5392	70
				Пыль абразивная (Корунд белый, Монокорунд)	18,55336	0	–	70
				Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	0,40923	0,3	1,3	–
				Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	705,22397	2	352,6	–
				Углерод оксид	3447,2944400	20	172,365	–
				Азот (II) оксид (Азота оксид)	144,50607	5	28,9	–
				Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	2,46E-06	0,00015	≤ПДК	–

Продолжение таблицы 3					
Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
Цех 2	диЖелезо триоксид (Железа оксид) (в пересчете на железо)	1744,44751	-/0,04	43611,187	78
	Пыль абразивная (Корунд белый, Монокорунд)	197,14601	0	-	84
	Масло минеральное нефтяное	32,10791	5	6,42	-
	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	514,60173	2	257,3	-
	Азот (II) оксид (Азота оксид)	83,62272	5	16,72	-
	Углерод оксид	2515,4898	20	125,77449	-
	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	2,65E-06	0,00015	≤ПДК	-
	Цех 3	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	124,26344	2	62,13172
Азот (II) оксид (Азота оксид)		20,19294	5	4,038	-

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

20.03.01.2017.459 ПЗ

28

Лист

Продолжение таблицы 3					
Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
	Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	0,23934	0,3	≤ПДК	–
	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	2,30542	2	1,15	–
	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,37464	5	≤ПДК	–
	Углерод (Сажа)	0,13767	4	≤ПДК	–
	Сера диоксид-Ангидрид сернистый	0,29906	10	≤ПДК	–
	Углерод оксид	26,5707	20	1,33	–
	Керосин	0,90128	600/300	≤ПДК	–
	Бензин (нефтяной, малосернистый)	2,26384	100	≤ПДК	–
Цех 6	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,2490850	2		–
	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,0404760	5		–

200301.2017.459 ПЗ

Изм.
Лист
№ докум.
Подпись
Дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Продолжение таблицы 3					
					Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
20.03.01.2017.459 ПЗ						Сера диоксид-Ангидрид сернистый	0,0086260	10	–	–
						Углерод оксид	0,0992690	20	–	–
						Керосин	0,0388630	600/300	–	–
					Цех 7	Пыль древесная	80,87912	–/6	13,3	70
					Цех 8	диЖелезо триоксид (Железа оксид) (в пересчете на железо)	2301,0088	-/0,04	57525,22	19,37
						Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	44,59836	0,3	148,66	–
						Пыль неорганическая: 70–20% SiO ₂	5,23871	0,3/0,1	17,5	–
						Пыль абразивная	122,28291	0	–	77,29
						Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	147,41852	2	73,7	–

Продолжение таблицы 3

Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
	Фториды плохо растворимые	0,02665	0,2/0,03	≤ПДК	—
	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	8,00E-07	0,00015	≤ПДК	—
	Пропан-2-ол (Спирт изопропиловый)	248,22551	50/10	4,96	—
	Триэтиламин	279,25371	10	27,95	—
	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	14,76311	150/50	≤ПДК	30
	Бутан-1-ол (Спирт н-бутиловый)	14,76311	10	1,47	30
	Взвешенные вещества	0,10785	0,5/0,15	≤ПДК	90
	(Хлорметил)оксиран (эпихлоргидрин)	0,03531	1	≤ПДК	—
	Акриловой кислоты бутиловый эфир	0,06982	0,0075	9,3	—

20.03.01.2017.459 ПЗ

Изм.
Лист
№ докум.
Подпись
Дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Продолжение таблицы 3					
					Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
						Проп-2-еновая кислота (Акриловая кислота)	0,01605	15/5	≤ПДК	–
					Цех 9	диЖелезо триоксид (Железа оксид) (в пересчете на железо)	3,14266	–/0,04	78,566	–
						Пыль неорганическая: 70–20% SiO ₂	0,17616	0,3/0,1	≤ПДК	–
						Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	16,86298	150/50	≤ПДК	–
						Метилбензол (Толуол)	16,86298	150/50	≤ПДК	–
						Сольвент нефтя	5,72964	300/100	≤ПДК	–
						Взвешенные вещества	1,71889	0,5/0,15	3,44	–
						Хрома трехвалентные соединения	2,33077	0,01	233,077	–

20.03.01.2017.459 ПЗ

Изм.	Лист	Продолжение таблицы 3						
		Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %	
№ докум.	Подпись	Дата	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	51,24363	2	25,62	—	
			Азот (II) оксид (Азота оксид)	8,32418	5	1,66	—	
			Углерод оксид	12,20879	20	≤ПДК	—	
			Марганец и его соединения	2,01051	0,3	6,7	—	
			Цех 10	Дигидросульфид (Сероводород)	0,0000090	10	≤ПДК	—
			Пентилены (Амилены – смесь изомеров)	0,0240000	1,5	≤ПДК	—	
			Бензол	0,019200	15/5	≤ПДК	—	
20.03.01.2017.459 ПЗ	Лист	34	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	0,0014400	150/50	≤ПДК	—	
			Метилбензол (Толуол)	0,0139200	150/50	≤ПДК	—	
			Этилбензол	0,0004800	150/50	≤ПДК	—	
			Бензин(нефтяной, малосернистый)	0,9009600	100	≤ПДК	—	

Продолжение таблицы 3					
Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
	Углеводороды предельные C ₁₂ -C ₁₉	0,0030900	300	≤ПДК	–
Цех 11	Пыль неорганическая: до 20% SiO ₂	731,45997	0,3/0,1	2438,199	14,46
	диЖелезо триоксид (Железа оксид) (в пересчете на железо)	183,67211	–/0,04	4591,8	12,08
	Пыль абразивная (Корунд белый, Монокорунд)	83,20692	0	–	17,63
	Пыль древесная	122,24299	–/6	20,374	70
	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	78,40889	2	39,205	–
	Азот (II) оксид (Азота оксид)	8,14759	5	1,629	–
	Сера диоксид – Ангидрид сернистый	712,43637	10	71,24	–
	Углерод оксид	140,37047	20	7,02	–
	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	9,00E-08	0,00015	≤ПДК	–

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

20.03.01.2017.459 ПЗ

35

Лист

Изм.
Лист
№ докум.
Подпись
Дата

Продолжение таблицы 3

Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
	Соляная кислота	0,03754	0,2/0,1	≤ПДК	—
	Кремния диоксид аморфный	0,04699	6/2	≤ПДК	—
	Фториды газообразные	0,00513	0,02/0,005	≤ПДК	—
	Фториды плохо растворимые	0,00054	0,2/0,03	≤ПДК	—
	Гидроксибензол (Фенол)	0,00135	0,3	≤ПДК	—
	Формальдегид	0,00162	0,5	≤ПДК	—
	1-Фенилэтанол (Ацетофенон)	0,00648	5	≤ПДК	—
	Цинк оксид	1,08017	0,5	2,16	—
	Фуран-2-альдегид (Фурфурол)	0,08857	10	≤ПДК	—
	Марганец и его соединения	0,58806	0,3	1,96	—

20.03.01.2017.459 ПЗ

Продолжение таблицы 3

Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
	Хрома трехвалентные соединения	0,46007	0,01	46	—
	Медь оксид (Меди оксид) (в пересчете на медь)	10,28738	—/0,002	5143,69	—
	Свинец и его неорганические соединения	0,16462	0,001/0,0003	164,62	—
Цех 12	диЖелезо триоксид (Железа оксид) (в пересчете на железо)	206,69197	—/0,04	5167,299	32
	Пыль абразивная (Корунд белый, Монокорунд)	72,98606	0	—	39,72
	Масло минеральное нефтяное	26,248040	5	5,25	—
	Сера диоксид-Ангидрид сернистый	2,378330	10	≤ПДК	—

Изм.	
Лист	
№ док.м.	
Подпись	
Дата	
20.03.01.2017.459 ПЗ	
Лист	38

Продолжение таблицы 3

Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
	Пыль неорганическая: до 20% SiO ₂	91,7445	0,3/0,1	305,815	67,67
	Барий и его соли	9,19432	0,5	18,38864	—
	Соляная кислота	9,19432	0,2/0,1	45,97	—
	Взвешенные вещества	1,83002	0,5/0,15	3,66	—
	Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	27,70923	0,3	92,364	—
	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	222,56939	2	111,26	—
	Азот (II) оксид (Азота оксид)	36,16657	5	7,23	—

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	
20.03.01.2017.459 ПЗ	
Лист	39

Продолжение таблицы 3

Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
	Бенз/а/пирен	8,70E-07	0,00015	≤ПДК	–
Цех 13	диЖелезо триоксид (Железа оксид) (в пересчете на железо)	41,40627	–/0,04	1035,156	23
	Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	1,1874	0,3	3,958	–
	Пыль абразивная (Корунд белый, Монокорунд)	7,88828	0	–	80
	Бутан-1-ол (Спирт н-бутиловый)	792,02057	10	79,202057	–

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Продолжение таблицы 3					
					Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
						Этан-1,2-диол (Этиленгликоль)	198,00555	10/5	19,8005	–
						Этилкарбитол	198,00555	0	–	–
					Цех 14	Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	42,83928	150/50	≤ПДК	30
						Бутан-1-ол (Спирт н- бутиловый)	42,8615	10	4,286	30
						2-Этоксиэтанол (Этилцеллозольв)	2,88768	30/10	≤ПДК	30
						Сольвент нефтя	118,97262	300/100	≤ПДК	30
						Уайт-спирит	41,54142	300	≤ПДК	30
						Взвешенные вещества	8,83986	0,5/0,15	17,679	90
					Цех 15	диЖелезо триоксид (Железа оксид) (в пересчете на железо)	25,468	–/0,04	636,7	42
						Марганец и его соединения	2,14517	0,3	7,15	–

20.03.01.2017.459 ПЗ

Продолжение таблицы 3					
Цех	Название вещества	Количество, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Превышение ПДК, раз	Ср. экспон. степень очистки, %
	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	389,33232	2	194,666	–
	Азот (II) оксид (Азота оксид)	63,26677	5	12,65	–
	Углерод оксид	703,9249	20	35,196	–
	Бенз/а/пирен(3,4–Бензпирен)	0,00069	0,00015	4,6	–
	Пыль абразивная (Корунд белый, Монокорунд)	8,95897	0	–	75
	Дигидросульфид (Сероводород)	0,00000	10		–
	Этилбензол	0,00000	150/50		–
	Углеводороды предельные C ₁₂ –C ₁₉	0,00000	300		–

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

20.03.01.2017.459 ПЗ

41

Лист

Из анализа данных, представленных в таблице 3, следует, что большинство загрязняющих веществ не подвергаются очистке. А степень очистки загрязнителей таких как, оксид железа, абразивная пыль и других, от которых производится очистка, является неудовлетворительной. Вследствие чего, в цехах идет превышение уровня ПДК в несколько раз.

Таким образом, для снижения выбросов до уровня ПДК необходимо провести комплексный анализ работы системы очистки воздуха на предприятие.

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

3.3 Методы очистки воздуха на машиностроительном заводе

В настоящее время на машиностроительном заводе используются несколько систем очистки воздуха, такие как:

- 1) Циклоны (Циклон ЦН-11 800×2, Циклон ЦН-15 650×1, Циклон бочкообразный, Циклон СДК-ЦН-33 900 и др.);
- 2) Карманный матерчатый фильтр;
- 3) Гидрофильтры.

3.3.1 Характеристика циклонов

Циклоны отличаются относительно простой конструкцией без движущихся частей, могут иметь высокий коэффициент использования при относительно низких затратах. Однако падение давления в потоке газов относительно высокое, вследствие чего увеличивается потребность в электроэнергии.

Для циклонов эффективность очистки составляет от 12–80 % (см таблицу 3), в зависимости от вида загрязнителя, притом, что средняя степень эффективности по заводу составляет 40 % .

Одним из основных видов циклонов, используемых на заводе, являются циклоны ЦН-11 и ЦН-15.

Циклоны ЦН-11 изготавливаются правого и левого исполнения и состоят из следующих основных деталей: цилиндр, винтовая крышка, выхлопная труба, конус и входной патрубков. Материал циклона: при эксплуатации агрегата при температуре окружающей среды до 40 °С – углеродистая. Эксплуатация агрегата при температуре окружающей среды ниже 40 °С – низколегированная сталь. Также изготавливаются циклоны из нержавеющей стали.

По эффективности работы ЦН-11 на 1–2% превышает эффективность циклона ЦН-15, за счет уменьшения угла входа газоздушного потока в цилиндрическую

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

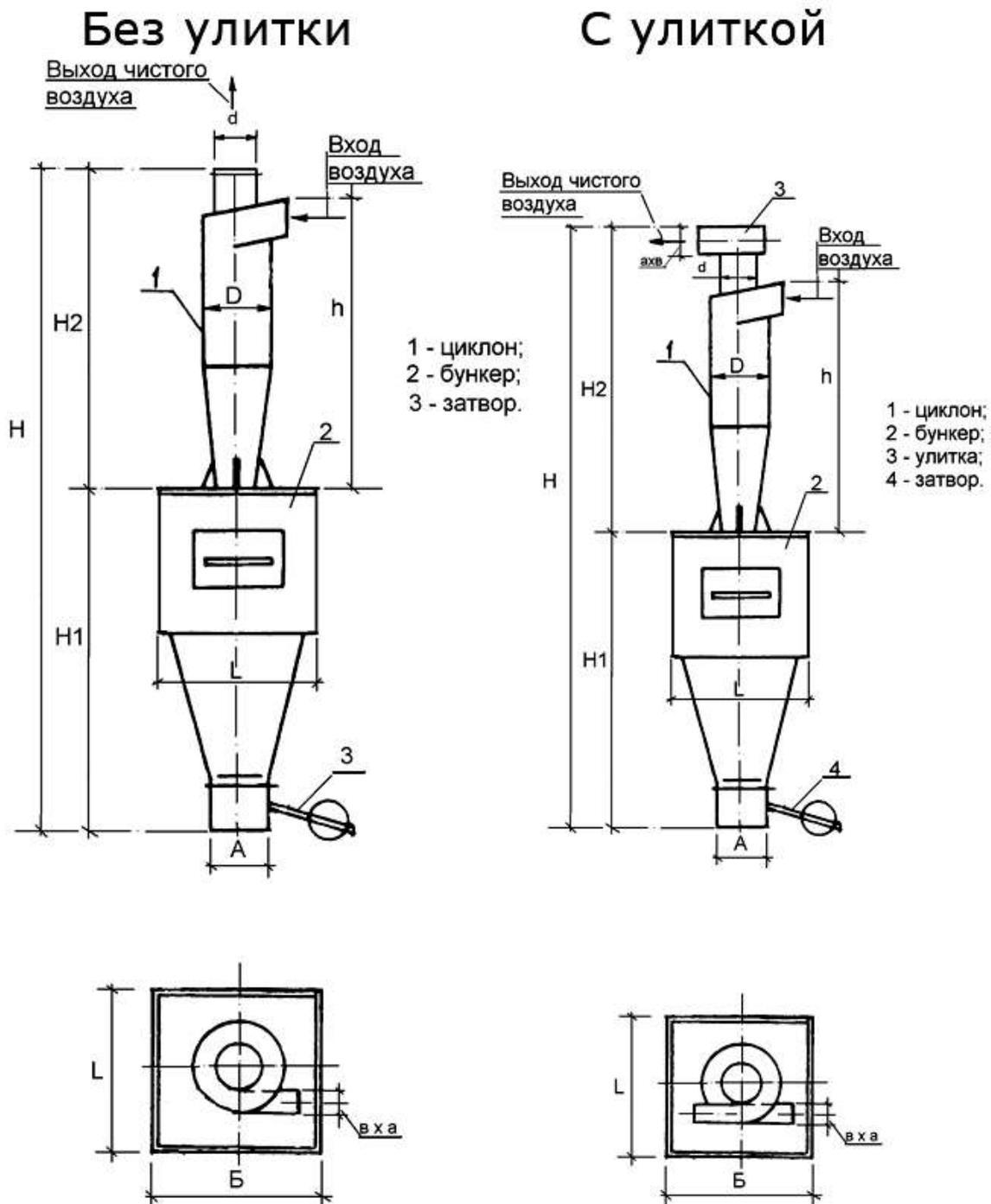


Рисунок 10 – Циклон ЦН-11

Циклон типа СК-ЦН-33 наиболее эффективный из серии конических циклонов с улиточным завихрителем при равных диаметрах корпуса и одинаковых гидравлических потерях. Применяются для очистки газов от мелкой пыли, со средним диаметром 5–6 мкм, а также при высоких требованиях к качеству очистки. Конический циклон СДК-ЦН-33 способен обеспечивать высокую степень очистки при сравнительно небольшой скорости газового потока на входе в циклон [6].

Таблица 4 – Техническая характеристика циклонов типа СК-ЦН-33

Характеристика	Значение
Допустимая запылённость газа, г/м ³	1000
Оптимальная скорость $V_{ц}$ ($V_{вх}$), м/с	2,0 (11,1)
Температура очищаемого газа, °С	≥ 250
Максимальное давление, Па	1500
Эффективность очистки (от пыли $d=10$ мкм, плотностью 2,7 г/см ³), %	75 – 98

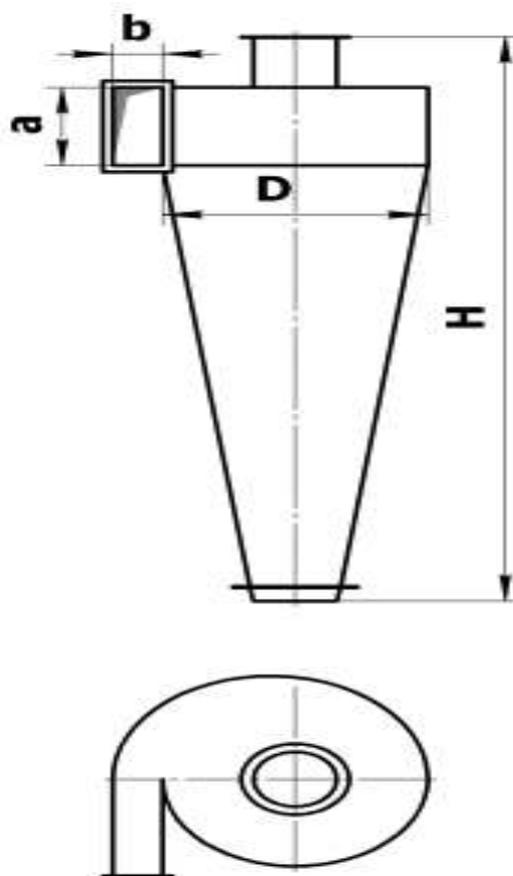


Рисунок 11 – Циклон СК-ЦН-33

Циклоны СДК-ЦН-33 при равных производительностях с цилиндрическими отличаются большими габаритными размерами, и следствии этого не применяются в групповом исполнении. Конические циклоны характеризуются более удлиненной конической частью и спиральным входным патрубком.

Производительность конического циклона такого рода не отличается от производительности цилиндрических циклонов.

3.3.2 Характеристика карманного матерчатого фильтра

Матерчатые фильтры широко применяют для очистки воздуха. Действие этих фильтров основано на том, что между волокнами фильтрующего материала пыль задерживается. Пыль, осевшая на поверхности ткани матерчатых фильтров, должна регулярно стряхиваться с помощью специального устройства.

Матерчатые фильтры могут иметь разнообразные конструкции. Наиболее распространены в настоящее время фильтры с цилиндрической формой рукава. В основе их лежит фильтровальные материалы, изготовленные из синтетических волокон, предназначены для грубой очистки улавливают частицы размером более 5 – 8 мкм. В большинстве отраслей промышленности такие фильтры стабильно обеспечивают эффективное улавливание пыли на уровне 98%.

Вместе с тем матерчатые фильтры имеют серьезные недостатки: большие габариты, требуют регулярной очистки рукавов от пыли, по мере засорения сопротивление их ткани возрастает, пропускная способность фильтра резко снижается.

Преимущество по сравнению с другими фильтров – высокая эффективность пылеулавливания, надежность, замена фильтровальных рукавов и элементов без прекращения эксплуатации [9].

На машиностроительном заводе используется для улавливания оксида железа, при температуре газового потока 18 °С и скорости потока.

Таблица 5– Параметры карманного матерчатого фильтра

Параметр	Значение
Воздушная нагрузка удельная, м ³ /ч*м ²	10000 – 11400
Эффективность очистки, %	56 – 98
Допустимая температура очищаемого газа, °С	от – 400 до + 700

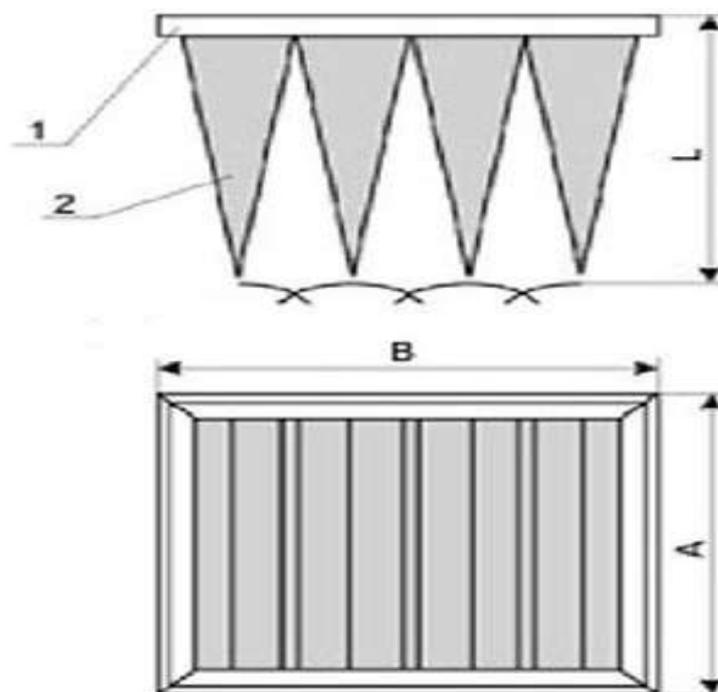


Рисунок 12 – Карманный матерчатый фильтр: 1 – металлическая рамка; 2 – фильтрующий материал

3.3.3 Характеристика гидрофильтров

Гидрофильтры работают по принципу осаждения мельчайших частиц на поверхность капель (пленки) жидкости под действием сил инерции и броуновского движения. Данную систему применяют для тонкой очистки, что требует систем водоподготовки и шламоудаления. Кроме того, жидкость должна быть раздроблена на капли или пленки для увеличения адсорбирующей поверхности. В гидрофильтрах газовый поток очищается при последовательном прохождении 2–3 водяных завес.

Гидрофильтры эффективны для очистки от частиц размером 0,5 мкм и более (эффективность более 80 %), а так же газовых примесей, хорошо растворимых в воде, но с меньшей эффективностью (30–40%).

Одним из достоинств гидрофильтров является возможность выброса очищенного воздуха в общую вентиляцию [10].

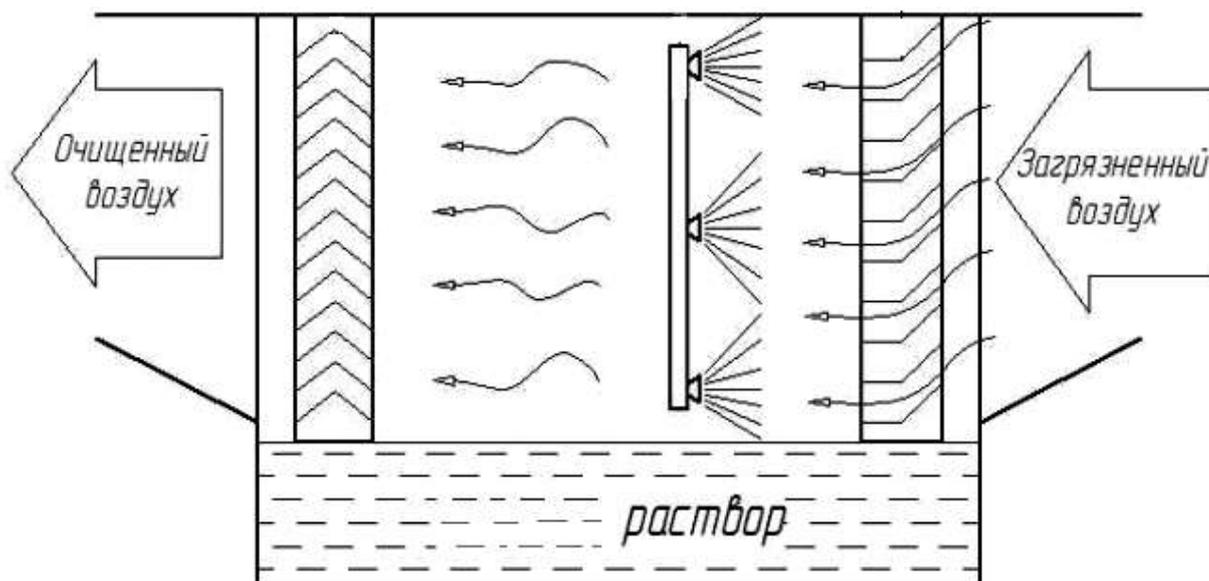


Рисунок 13 – Схема гидрофилтра

Ввиду небольшой эффективности улавливания загрязнений из воздушных выбросов из-за невозможности создания сплошной водяной завесы, гидрофилтр применяется совместно с улавливающими решетками на входе в гидрофилтр и с сепараторами на выходе из него.

Загрязненный воздух из распылительной кабины проходит через улавливающую решетку, водяную завесу, создаваемую форсунками, сепаратор и выбрасывается в атмосферу вентилятором. Разделительный щит служит для изменения направления потока воздуха и препятствует проникновению воздуха между факелами воды. Щит разделяет водяную завесу на две самостоятельные части: в первой происходит промывка воздуха при прямоточном движении воздуха и воды, а во второй — при противотоке.

Окончательная очистка воздуха происходит в гидрофилтре при прохождении через двойную водяную завесу, создаваемую водоразбрызгивающими форсунками и разделительным щитом [10].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4 РЕКОМЕНДАЦИИ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ НИДСТ

Образующиеся отходящие газы обрабатывают с применением технологических подходов, обеспечивающих извлечение веществ, содержащихся в отходящих газах, с последующим их возвращением в исходный технологический процесс или использованием в другом процессе в качестве сырья или энергоносителя, или их удаление в качестве загрязняющих веществ.

В зависимости от характера вредных (загрязняющих) веществ, выбрасываемых в атмосферу, методы очистки отходящих газов подразделяют на две большие группы:

- 1) очистка от аэрозолей (пылей и туманов);
- 2) очистка от газообразных и парообразных примесей.

Очистка отходящих газов от аэрозолей (туманов) осуществляется с применением следующих методов:

- регенеративные (адсорбционные, электрические);
- деструктивные (каталитический дожиг, термическая нейтрализация).

Устройства для очистки газов от пылей подразделяют на пылеуловители и воздушные фильтры. Обезвреживание отходящих газов от газообразных и парообразных токсичных веществ осуществляют с применением:

- физико-химических методов: абсорбции (физической и хемосорбции), адсорбции, термической нейтрализации, каталитической нейтрализации;
- биохимических методов.

Обычно применяют комбинацию разных методов (многоступенчатые схемы очистки). Выбор метода очистки зависит от следующих факторов:

- исходная концентрация вредных (загрязняющих) компонентов и требуемая степень очистки отходящих газов;
- объемы очищаемых газов и их температура;
- наличие сопутствующих газообразных примесей и пыли;
- потребность во вспомогательных материалах;
- размеры площадей для сооружения газоочистной установки;

- простота эксплуатации и технического обслуживания;
- климатические и природные ограничения и т.п.

Так как системы по очистки газообразных загрязнителей и аэрозолей работают по разным принципам и методам, рассмотрим каждую из систем очистки отдельно [13].

4.1 Рекомендации по организации очистки газовых выбросов от аэрозолей (пылей, туманов)

При очистки аэрозолей разной дисперсности как основным методом очистки, как и предварительным методом очистки является фильтрация.

В основе работы фильтров всех видов лежит процесс фильтрации газа через пористую перегородку. При этом твердые частицы задерживаются на перегородке, а газ полностью проходит сквозь нее. На эффективность процесса фильтрации (особенно для частиц размером менее 1 мкм) значительно влияет электрическая заряженность частиц: наличие разноименных зарядов на частицах повышает эффективность фильтрации. Этот эффект слабее при повышенном влагосодержании (до 70 %) и высоких скоростях газопылевого потока (до 6 м/мин).

Частицы, осажденные в объеме фильтрующего материала или накопленные на его поверхности, служат для вновь поступающих частиц составным элементом фильтрующей среды, который повышает степень очистки. Однако по мере накопления частиц газопроницаемость фильтрующего материала снижается, поэтому необходима замена фильтрующего материала и его периодическая регенерация. В случае улавливания жидких частиц накапливающаяся жидкость удаляется из пористой перегородки самопроизвольно.

Фильтрующие перегородки, преимущественно состоящие из волокнистых или зернистых элементов, можно условно разделить на следующие группы:

- гибкие пористые перегородки;
- тканевые материалы из природных синтетических или минеральных волокон;

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

- нетканые волокнистые материалы (войлоки, клееные и иглопробивные материалы, бумага, картон, волокнистые маты);
- ячеистые листы (губчатая резина, пенополиуретан, мембранные фильтры);
- полужесткие пористые перегородки: слои волокон, стружка, вязаные сетки, расположенные на опорных устройствах или зажатые между ними;
- жесткие пористые перегородки: зернистые материалы (пористая керамика или пластмасса, спеченные или спрессованные порошки металлов, пористые стекла, углеграфитовые материалы и др.);
- волокнистые материалы (сформированные слои из стеклянных и металлических волокон);
- металлические сетки и перфорированные листы;
- зернистые слои: свободно насыпанные материалы (периодически или непрерывно перемещающиеся материалы).

Фильтры условно разделяют на три группы в зависимости от назначения, а также величины входной и выходной концентрации:

- фильтры тонкой очистки (высокоэффективные или абсолютные фильтры), которые предназначены для улавливания из отходящих газов преимущественно субмикронных частиц с низкой входной концентрацией ($<1 \text{ мг/м}^3$). Очистка выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях и скоростью фильтрования $<10 \text{ см/с}$. Эти фильтры используют для улавливания токсичных частиц и ультратонкой очистки воздуха при проведении некоторых технологических процессов. Фильтры тонкой очистки не подлежат регенерации. Степень улавливания – более 99 %;

- воздушные фильтры, которые используют в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха. Эти фильтры эксплуатируются при концентрации пыли менее 50 мг/м^3 . Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях при высокой скорости фильтрации – до $2,5\text{--}3 \text{ м/с}$. Фильтры могут быть нерегенерируемые и регенерируемые;

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– промышленные фильтры (тканевые, зернистые, грубоволокнистые), которые применяются для очистки промышленных газов концентрацией до 60 г/м^3 . Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. Фильтры подлежат регенерации.

На данном заводе с новыми веществами, образующимися в виде аэрозолей, являются диоксид железа, абразивная пыль, неорганическая пыль, древесная пыль, взвешенные вещества, марганец и др.

При очистке газа от данных веществ, исходя из принципов НИДСТ и эффективности очистки, могут использоваться электрофильтры.

Основными преимуществами электрофильтров являются:

- 1) высокая степень очистки, достигающая 99%;
- 2) низкие энергетические затраты на улавливание частиц, включающие потери энергии на преодоление газодинамического сопротивления аппарата.
- 3) возможность улавливания частиц размером $100-0,1 \text{ мкм}$ и менее; при этом концентрация взвешенных частиц в газах может колебаться от долей до 50 г/м^3 .
- 4) температура может превышать $500 \text{ }^\circ\text{C}$;
- 5) возможность работы под давлением и разрежением, а также в условиях воздействия различных агрессивных сред;
- б) возможность полной автоматизации.

Основным недостатком электрофильтров является высокая чувствительность процесса электрической фильтрации газов к отклонениям от заданных параметров технологического режима, а также к незначительным механическим дефектам в активной зоне аппарата. Также следует учитывать, что при эксплуатации электрофильтров неизбежно возникновение искровых разрядов. Экономически целесообразно проводить реконструкцию действующих устаревших электрофильтров, позволяющую повысить степень пылеулавливания, увеличить объемы очищаемого газа, а также снизить концентрацию пыли до 20 мг/м^3 и ниже. Применение методик повышения эффективности, основанных на изменении режимных, технологических, конструктивных и проектных параметров, позволяет достичь требуемых норм выбросов.

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Для более тонкой очистки (доочистки газа) используют мокрые электрофилтры. Их классифицируют так же, как и сухие. Мокрые электрофилтры отличаются от сухих только применением воды в виде стекающей пленки на осадительных электродах; при отделении жидкой дисперсной фазы (например, тумана) уловленная жидкость стекает по электродам без применения воды. Выбор очищающей жидкости зависит от загрязняющих веществ, подлежащих удалению.

4.2 Рекомендации по организации очистке газовых выбросов от газообразных загрязнителей

При производственной деятельности машиностроительного завода образуются множество газообразных загрязнителей, из которых можно выделить ряд веществ, которые являются наиболее опасными и образуются в большом количестве (превышают ПДК в несколько раз). К ним относятся оксиды азота, диоксид углерода, диоксид серы.

Для очистки этих газообразных загрязнителей используются несколько методов:

- 1) адсорбция;
- 2) абсорбция.

Метод абсорбции основывается на разделении газо-воздушной смеси на составные части посредством поглощения одного или нескольких газовых компонентов (абсорбатов) этой смеси жидким поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора.

Контакт газа с жидким растворителем производится либо пропусканием через насадочную колонну, либо распылением жидкости, либо барботажем газа через слой абсорбирующей жидкости. В зависимости от способа контакта "газ – жидкость" различают:

- 1) насадочные башни - форсуночные и центробежные скрубберы;
- 2) скрубберы Вентури;
- 3) барботажно-пенные скрубберы;

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

4) тарельчатые и другие скрубберы.

Применение абсорбционных методов обычно связано с использованием схем, включающих узлы абсорбции и десорбции. Регенерацию растворителя проводят снижением общего давления (или парциального давления) примеси, либо повышением температуры, либо использованием двух приемов одновременно.

Достоинством абсорбционных методов является экономичность очистки большого количества газов и осуществление непрерывных технологических процессов.

В процессе эксплуатации абсорбционных аппаратов следует предусматривать создание систем регенерации отработавших абсорбентов, поскольку метод сопровождается образованием большого количества отходов (смесь пыли, растворителя и продуктов поглощения). Таким образом, возникают проблемы регенерации, обезжиривания, транспортирования и утилизации образующегося шлама, что, в свою очередь, приводит к удорожанию и осложнению эксплуатации.

Для улавливания может использоваться вода, раствор щелочи, триэтаноламин, др.

Метод адсорбции базируется на использовании физических свойств некоторых твердых тел с ультрамикроскопической структурой селективно извлекать из газовой смеси отдельные компоненты и концентрировать их на своей поверхности. В пористых телах с капиллярной структурой поверхностное поглощение дополняется капиллярной конденсацией.

Основными направлениями использования адсорбции являются:

1) извлечение летучих органических соединений для их повторного использования или циркуляции в замкнутом цикле; также может использоваться в качестве автономной системы, в качестве стадии концентрирования для повышения эффективности последующего извлечения, например, с помощью мембранной сепарации или для обработки выбросов систем газоочистки;

2) очистка от загрязняющих веществ, например микропримесей газов, которые не могут быть использованы для циркуляции в замкнутом цикле или каким-либо иным образом; также может осуществляться с использованием в качестве

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

адсорбента гранулированного активированного угля, который не регенерируется, а подвергается сжиганию.

В качестве промышленных адсорбентов в основном используются смешанно-пористые материалы с высокоразвитой внутренней поверхностью, имеющие искусственное или природное происхождение; в соответствии с размером пор, преобладающим в их структуре, адсорбенты подразделяют на микро-, переходно- и макропористые. Наиболее широко применяются следующие виды адсорбентов:

1) гранулированный активированный уголь (адсорбент с широким диапазоном эффективности, как для полярных, так и неполярных соединений), который может быть пропитан, например, окислителями (перманганатом калия или соединениями серы) для улучшения удержания тяжелых металлов; можно использовать в сочетании с полимерами;

2) цеолиты, свойства которых зависят от их производства, служащие простыми молекулярными ситами, избирательными ионообменниками или гидрофобными адсорберами летучих органических соединений; можно использовать в сочетании с полимерами;

3) макропористые полимерные частицы, которые используются в виде гранул или шариков, не обладая высокой избирательностью в отношении летучих органических соединений;

4) силикагель;

5) натрий-силикаты алюминия.

К основным видам адсорбционных систем относят: адсорбцию с неподвижным слоем, адсорбцию с псевдооживленным слоем, непрерывную адсорбцию с подвижным слоем, адсорбцию при переменном давлении (PSA).

Адсорбция применяется для регулирования содержания, извлечения, рециркуляции или подготовки к последующей обработке летучих органических соединений и выбросов в атмосферу органических загрязняющих веществ, например выбросов, которые образуются при обезжиривании, покраске распылением, экстракции растворителями, покрытии металлической фольгой, нанесении пленочных покрытий, меловании бумаги, производстве лекарственных препаратов и др.

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Адсорбенты можно использовать последовательно: например, на первом этапе для отделения высоких концентраций летучих органических соединений применить полимеры, а на втором этапе для отделения менее концентрированных летучих органических соединений использовать цеолиты.

Выбор конструкции адсорбера определяется скоростью газовой смеси, размером частиц адсорбента, требуемой степенью очистки и др. Конструктивно адсорберы выполняются в виде вертикальных, горизонтальных либо кольцевых емкостей, заполненных пористым адсорбентом, через который фильтруется поток очищаемого газа. Вертикальные адсорберы обычно применяют при небольших объемах очищаемого газа; горизонтальные и кольцевые - при высокой производительности, достигающей десятков и сотен тысяч кубических метров в час.

Использование адсорбции при переменном давлении позволяет отделять газы или пары из смеси отходящих газов и одновременно регенерировать адсорбент. Процесс включает четыре этапа:

- 1) создается давление газа, поступающего в адсорбер;
- 2) адсорбция происходит при высоком давлении, и, следовательно, образуются чистые компоненты;
- 3) давление сбрасывается;
- 4) производится продувка при низком давлении или под вакуумом.

Фильтрация газа может происходить через неподвижный (адсорберы периодического действия) или движущийся слой адсорбента. Наиболее широко применяются адсорберы периодического действия, в которых период контактирования очищаемого газа с твердым адсорбентом чередуется с периодом регенерации адсорбента. Эти установки отличаются конструктивной простотой, но в то же время имеют низкие допускаемые скорости газового потока и, следовательно, повышенную металлоемкость и громоздкость. Основным недостатком этих аппаратов являются большие энергетические затраты, связанные с преодолением гидравлического сопротивления слоя адсорбента.

Цикличность адсорбционных процессов предопределяет необходимость периодической регенерации насыщенных целевыми компонентами поглотителей.

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Ключевой операцией восстановления сорбционной способности адсорбентов является десорбция, потому что для ее проведения требуется от 40% до 70% общих затрат на адсорбционную газоочистку. Десорбцию проводят, используя повышение температуры, вытеснение адсорбата более хорошо сорбирующимся веществом, снижение давления (в том числе создание вакуума) или комбинацию этих приемов. Возможность эффективного осуществления десорбции и концентрирования загрязняющих веществ с последующим обезвреживанием этих загрязняющих веществ в ряде случаев определяет целесообразность выбора адсорбции как метода очистки отходящих газов [3].

4.3 Сопоставление соответствия требованиям принципов НИДСТ системы очистки воздуха.

4.3.1 Сравнительная оценка системы очистки воздуха от аэрозолей

В настоящее время на машиностроительном заводе большую часть очистки воздуха от аэрозолей выполняют циклоны (ЦН-11, ЦН-15). Около 60 % всех цехов, оборудованные циклонами.

Проведем сравнение эффективности циклона и электрофильтра.

Эффективность циклона возрастает как функция нагрузки по пыли, расхода дымовых газов, размера частиц и плотности. Вследствие чего, при мелкодисперстной пыли циклон резко теряет свою эффективность, и может достигать только значения концентрации 100–200 мг/м³. Следовательно, циклоны не могут обеспечить полную очистку газов от мелких частиц пыли из-за сил инерции и центробежных сил, которые возникают, когда происходит перемена направления газового потока. Кроме того, такие фильтры на продвижение газа затрачивают огромное количество электроэнергии, да и сами от воздействия абразивной пыли подвергаются быстрому износу [8].

В отличие от циклона, с помощью электрофильтра можно достигать низких значений концентраций (см. таблицу 6).

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

4.3.2 Сравнительная оценка системы очистки воздуха от газообразных загрязнителей

Учитывая разнообразность веществ, образующихся при производственной деятельности машиностроительного завода, необходим комплексный подход к очистке газообразных загрязнителей.

На данный момент на заводе очищаются только несколько газообразных загрязнителей: диметилбензол, бутан-1-ол, 2-этоксиэтанол, сольвент нафта, уайт-спирит (вещества образуются в цехе №14). Очистка производится с помощью гидрофилтра с эффективностью очистки 30%. Такая степень очистки является достаточной для уменьшения выбросов до уровня ПДК.

Таким образом, необходимо ввести систему очистки основных загрязняющих газообразных веществ, которые превышают ПДК в несколько раз и которые являются непосредственным источником опасности. Такие как: оксиды азота, диоксид серы, соляная кислота, диоксид углерода, др.

Для очистки этих газов могут использоваться адсорберы и абсорберы, скрубберы, с разными улавливающими веществами: вода, щелочь, триэтаноламин – абсорбере; активированный уголь, известь – адсорберы. При этом необходимо предварительная очистка от взвешенных частиц, пыли.

В настоящее время активно развивается комплексная очистка выбросов газообразных соединений типа оксида серы, оксида азота и пыли. Процесс заключается в подачу и диспергирование известкового молока или гашеной извести во влажных условиях или содового раствора в абсорбер перед электрофильтром. При данной системе очистки образуется конечный продукт – порошок, состоящий из смеси зоны, сульфита кальция, гидроксида, хлорида и т.д. Эти вещества могут быть использованы в строительстве.

Данная система имеет ряд достоинств: низкие капиталовложения, эффективность очистки 90–98 %, небольшой объем технического обслуживания.

Для эффективной очистки газообразных загрязнителей, образующихся в разных производственных процессах, но схожими по составу, необходимо объединение газовых потоков, для повышения концентрации веществ, которое

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

будет способствовать увеличению степени очистки, снижению капиталовложений [8].

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе было проведено исследование по оценки соответствия принципам НИДСТ системы очистки воздуха на машиностроительном заводе.

При анализе данных о системе очистки воздуха получилось, что средняя экспоненциальная степень очистки газа от аэрозолей составляет 65–85% в зависимости от характеристики выбросов при использовании циклонов и карманных матерчатых фильтров. Для гидрофильтров средняя экспоненциальная степень очистки пылевых загрязнителей составляет 90%, для газообразных загрязнителей – 30%. Исходя из этого, можно сделать вывод, что действующая система очистки улавливает только крупные пылевые частицы.

Для повышения степени очистки газа от выбросов, в том числе оксида железа, нужно модернизировать систему вентиляции.

Предложенные аппараты очистки воздуха с более эффективной очисткой по основным загрязняющим компонентам.

Замена циклонов на более эффективные системы очистки является одним из путей увеличения степени очистки воздуха. Замена циклонов на электрофильтры, рукавные фильтры, скрубберы Вентури повысят среднюю степень очистки в несколько раз.

Однако недостаточная степень очистки воздуха от аэрозолей является не первостепенной проблемой, т.к. при производственной деятельности в атмосферу выбрасываются газообразные загрязнители без очистки как таковой. Оксиды азота, углерод оксид, бенз(α)пирен, диоксид серы и др. загрязняющие вещества в десятки и сотни раз превышают ПДК. Для решения проблемы по очистке газообразных загрязнений необходимо установить очистительную систему, такую как: абсорберы, адсорберы, скрубберы.

Сравнительная оценка предлагаемого и используемого оборудования свидетельствует, что предлагаемая схема соответствует НИДСТ и позволяет очищать воздух до установленных параметров с низкими энергозатратами и высокой эффективностью. Однако, для того чтобы модернизация была наиболее эффективна, необходим расчет, с учетом всех конструкционных элементов (объем

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

газового потока, температура, скорости потока, особенности технологического процесса, экономическая составляющая).

Исходя из этого, необходимо провести модернизацию системы очистки для каждого цеха индивидуально, основываясь на специфике производственного процесса.

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (с изм. от 28 декабря 2016 г.) «Об охране окружающей среды».
2. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. С изм. №1, введ. 1.12.2000 г.
3. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Утв. гл. госуд. санитарным врачом РФ 27.04.2004 г.
4. Директива ЕС от 15 января 2008 года № 2008/1/ЕС «О комплексном предотвращении и сокращении загрязнения окружающей среды».
5. Алиев Г.М., Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. / Г.М. Алиев – Справ. изд. М.: Металлургия, 1986. 544с.
6. Вентиляция промышленных зданий и сооружений.– <http://studydoc.ru/doc/2430253/ventilyaciya-promyshlennyh-zdaniy-i-sooruzhenij---1>
7. Загрязнение воздушной среды вредными веществами на машиностроительных предприятиях. – <http://delta-grup.ru/bibliot/97/12/htm>.
8. ИТС 22-2016. Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях.
9. Методы и средства защиты атмосферы. – <http://www.livesafety.ru/obuch/okhrana-okruzhayushchey-sredy/lektsii.pdf>
10. Очистка воздуха от загрязнений. – <http://www.studfiles.ru/preview/5700706/>
11. Семенова Т.А., Очистка технологических газов. / Т.А. Семенова, И.Л. Лейтес, Ю.В. Аксельрод.–. 2-е изд. – «Химия», Москва 1977 г.
12. Совершенствование процесса очистки воздуха от локальных выбросов органических растворителей. Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat – <http://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-protsessa-ochistki-vozdukha-ot-lokalnykh-vybrosov-organicheskikh-rastvori#ixzz4jOPLC4Ru>

										Лист
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР					

13. Справочник наилучших доступных технологий по обращению с отходами.
Часть 4/ Министерство природных ресурсов и экологии РФ – Изд. ООО «Деловые
Медиа», Москва 2011 – с. 96–166.

					20.03.01.2017.459 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65