

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт естественных и точных наук
Факультет «Химический»
Кафедра «Экология и химическая технология»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой, д.х.н.
_____ В.В. Авдин
_____ 2018 г.

Разработка системы защиты окружающей среды для малого предприятия по
хромированию изделий

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–18.03.01.2018.451.03.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы, доцент
кафедры, к.х.н.
_____ К.Р. Смолякова
_____ 2018 г.

Автор работы,
студент группы ЕТ-433
_____ Ю.М. Галиуллина
_____ 2018 г.

Нормоконтролер, доцент кафедры,
к.т.н.
_____ Н.П. Нонишнева
_____ 2018 г.

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Галиуллина Ю.М. Разработка системы защиты окружающей среды для малого предприятия по хромированию изделий. – Челябинск: ЮУрГУ, ЕТ-433, 74с., 25 ил., 3 табл., библиогр. список – 30 наим., 17 л. плакатов ф. А4.

Выпускная квалификационная работа выполнена с целью разработки системы экологической защиты на установке хромированных изделий.

В ходе работы рассмотрены процессы образования опасных и вредных веществ при хромировании деталей.

Рассчитано количество выделяющихся веществ и объем удаляемых газов, отходящих от ванн хромирования.

Подобрано оборудование для очистки воздуха и разработана аппаратно-технологическая схема для процесса хромирования.

Рассчитан срок окупаемости очистного оборудования и изучены основные требования по охране труда в гальваническом цехе.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ХРОМИРОВАНИЕ В ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	7
1.1 Теория хромирования.....	7
1.2 Виды хромовых покрытий.....	9
1.3 Технологические особенности хромирования	11
1.4 Экспресс-контроль электролита хромирования.....	11
1.5 Требования к микроклимату помещений.....	13
2 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ХРОМИРОВАНИЯ	16
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ВЫДЕЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ	19
3.1 Укрытие ванн	19
3.2 Местная вентиляция	20
3.3 Воздушно-струйные укрытия.....	24
3.4 Способы уменьшения уноса электролита.....	27
3.5 Общеобменная вентиляция	29
4 ОЧИСТКА ОТСАСЫВАЕМОГО ВОЗДУХА ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	32
4.1 Общие принципы.....	32
4.2 Осаждение аэрозолей	33
4.3 Конденсация паров	34
4.4 Улавливание туманов.....	34
4.5 Оборудование для очистки воздуха от вредных веществ	42

5 СИСТЕМА УДАЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОГО ВОЗДУХА С ПОВЕРХНОСТИ ВАНН ХРОМИРОВАНИЯ И ОЧИСТКА ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	50
5.1 Расчет количества выделяемых в воздух веществ	50
5.2 Расчет количества улавливаемого воздуха с поверхности ванн	52
5.3 Выбор и описание оборудования для очистки воздуха.....	54
6 РАСЧЕТ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ ВОЗДУХООЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	61
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА НА ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	69

ВВЕДЕНИЕ

Электрохимические процессы нанесения покрытий играют большую роль в получении металлических изделий с высокими показателями защитных, защитно-декоративных функциональных свойств, которые смогут обеспечить долговечную работу в различных эксплуатационных условиях.

Электрохимическое хромирование широко применяется для получения защитно-декоративных покрытий и для восстановления размеров изношенных деталей, работающих на трение. Хромовые покрытия обладают хорошими антифрикционными характеристиками, особенно при сухом трении. Коэффициент трения у хрома ниже, чем у стали, в 2–3 раза. Износостойкие и твердые хромовые покрытия непосредственно осаждают на большинство черных и цветных металлов.

Процессы приготовления и корректирования электролитов, обработки поверхности и нанесения гальванических покрытий характеризуются многообразием применяемых химических веществ, а также сопровождаются выделениями вредных веществ в атмосферу.

Для защиты атмосферного воздуха производственных цехов от загрязнений необходима разработка эффективной системы обезвреживания воздушной среды помещений гальванических производств.

Цель выпускной квалификационной работы – разработка системы экологической защиты на установке хромирования изделий.

Задачи работы:

1. Рассмотреть процессы образования опасных и вредных веществ при хромировании деталей.
2. Рассчитать количество выделяющихся веществ и объем удаляемых газов, отходящих от ванн хромирования.
3. Разработать аппаратно-технологическую схему очистного оборудования для процесса хромирования.

4. Рассчитать срок окупаемости очистного оборудования.
5. Изучить основные требования по охране труда в гальваническом цехе.

Объект работы – система улавливания и очистки воздуха, удаляемого с поверхности ванн хромирования.

1 ХРОМИРОВАНИЕ В ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

1.1 Теория хромирования

Электролитическое осаждение хрома в практических целях осуществляется исключительно из растворов H_2CrO_4 , т.е. из растворов, в которых хром шестивалентен. Многочисленные попытки создать промышленно полезный электролит на основе соединений Cr^{3+} практически не привели к положительным результатам, особенно для получения толстых износостойких покрытий.

Несмотря на то, что по термодинамическим данным хром должен выделяться из растворов CrO_3 электрохимическим путем, на самом деле при электролизе этих растворов протекает только одна реакция – восстановление ионов водорода. Осаждение хрома протекает только в присутствии добавки – постороннего аниона, каковым чаще всего является SO_4^{2-} .

Для этой цели могут быть использованы также анионы и некоторых других кислот, например, F^- и SiF_6^{2-} . Во всех этих случаях максимальное значение выхода хрома по току достигается при определенном соотношении между концентрацией H_2CrO_4 и постороннего аниона, близком к 100:1. При этом максимальный выход хрома по току из электролита, содержащего сульфат, не превышает 12–13%. Остальной ток расходуется на процесс неполного восстановления H_2CrO_4 ($\text{Cr}^{6+} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$) и выделение водорода.

Процесс восстановления хрома до металлического состояния протекает по стадиям по-видимому через Cr^{2+} или Cr^{3+} . Предельный ток для процесса неполного восстановления увеличивается при увеличении концентрации постороннего аниона.

При включении тока в первый период электролиза на поверхности катода формируется катодная пленка. Это наблюдается на осциллограммах потенциал-время, а также при микроисследовании катодного процесса. При включении тока потенциал вначале устанавливается на уровне значения соответствующего процессу неполного восстановления шестивалентного хрома, а затем

скачкообразно смещается в область более отрицательных значений, где уже протекает процесс $\text{Cr}^{6+} \rightarrow \text{Cr}^0$.

Исследования катодной пленки показали следующее: катодная пленка состоит из двух слоев – особо тонкого, прилегающего к металлу, близкого по своей природе к пассивирующему слою, и внешнего сравнительно толстого слоя, состоящего из продуктов восстановления хроматов и активного аниона.

Катодная пленка имеет коллоидную природу и состоит из 65...67 % Cr^{6+} , 22...23 % Cr^{3+} , 10...12 % SO_4^{2-} , причем состав пленки не зависит от состава электролита и содержания анионов SO_4^{2-} . Толщина прилегающего слоя составляет величину около 0,1 мкм, а толщина всей пленки – около 20...25 мкм. Состав пленки и ее свойства зависят от режима хромирования, а от свойств самой пленки зависят, в свою очередь, структура и свойства покрытия. Толщина пленки увеличивается с увеличением концентрации постороннего аниона.

Тем не менее, детально механизм воздействия посторонних анионов не выяснен. Существуют две гипотезы, объясняющие их влияние. По первой из них анионы являются активаторами, вызывающими активацию катодной поверхности. В отсутствие этих ионов поверхность покрывается соединениями Cr^{3+} , что препятствует полному восстановлению $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и осаждению на катоде металлического хрома. По второй гипотезе посторонние анионы образуют с $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ реакционные комплексы, обладающие большей способностью к восстановлению последней.

При хромировании применяют нерастворимые аноды. Это объясняется тем, что хром растворяется на аноде с большим выходом по току, чем осаждается на катоде, и переходит в раствор в виде ионов разной валентности.

Широкое промышленное применение при хромировании нашли аноды из свинца или его сплавов. В процессе электролиза аноды покрываются слоем оксида свинца (IV) PbO_2 , который является катализатором процесса $\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{Cr}^{6+}$ и защищает аноды от разрушения. При определенном соотношении анодной и катодной плотностей тока можно установить равновесие, при котором на аноде

будет окисляться такое же количество трехвалентного хрома, какое попадает в электролит из катодной зоны. По этой причине площадь анода должна быть больше площади катода. Отношение катодной площади к анодной площади рекомендуют поддерживать около соотношения 1:2, но не более 1:1.

Важнейшими областями применения электролитического хромирования являются отделка деталей (защитно-декоративное хромирование), защита от коррозии (защитное хромирование), повышение износостойкости трущихся деталей и восстановление изношенных деталей машин (твердое и износостойкое хромирование) [11].

1.2 Виды хромовых покрытий

В зависимости от условий электролиза различают три типа хромовых покрытий: матовые покрытия, обладающие низкими физико-механическими свойствами и не имеющие практического применения; блестящие покрытия отличающиеся высокими значениями твердости и износостойкости молочные осадки, наименее пористые и наиболее пластичные.

По функциональному назначению хромовые покрытия подразделяются на защитно-декоративные, коррозионностойкие, износостойкие и антифрикционные.

Защитно-декоративные покрытия могут быть трех типов:

- блестящие, которые наносятся по подслою меди и никеля и имеют толщину 0,25...1,0 мкм;
- матово-блестящие, которые применяются для отделки инструмента, оптической аппаратуры и т. д. Эти покрытия часто получают, придавая соответствующую шероховатость поверхности основного металла;
- черные и цветные, которые наносятся из электролитов специального состава; черные покрытия применяют при изготовлении оптических приборов, медицинского инструмента и т. д.

Коррозионностойкие покрытия могут быть однослойными и двухслойными. Первый вид покрытий это покрытия молочные, т. е. беспористые, которые должны иметь толщину не менее 20 мкм.

Двухслойное коррозионностойкое хромовое покрытие применяют в тех случаях, когда необходимо сочетать свойства высокой защитной способности и износостойкости покрытий. Такое покрытие имеет первый слой молочного хрома и второй слой – блестящего, отличающегося высокой твердостью и износостойкостью. Толщина второго слоя составляет 30...50 % от общей толщины покрытия.

Износостойкие и антифрикционные покрытия могут быть плотными и пористыми.

Плотные покрытия (или обычные – твердые, износостойкие) используются для повышения износостойкости вновь изготовленных деталей и для восстановления деталей, бывших в эксплуатации. При выборе режима износостойкого хромирования учитывают, что области получения наиболее твердых и наиболее износостойких покрытий не совпадают.

Толщина износостойких покрытий от 8...20 мкм для мерительного и режущего инструмента до 50...60 мкм при нанесении на матрицы, пресс-формы, валы и детали различных машин. При восстановлении изношенных деталей толщина покрытия может достигать 0,2...0,5 мм. Пористые покрытия, обладающие высокими антифрикционными свойствами и износостойкостью, применяют для нанесения на гильзы цилиндров, двигателей внутреннего сгорания, поршневые кольца и некоторые другие детали. Эти покрытия за счет пористости, выявляемой в покрытии путем анодного травления, или предварительного нанесения на поверхность основного металла специальных углублений, способны удерживать на своей поверхности смазочные масла в условиях воздействия высоких рабочих температур. Толщина пористого хрома на вновь поставляемых деталях 0,04...0,07 мм. При восстановлении изношенных гильзы цилиндров толщина может составлять 0,1...0,3 мм [5, 11, 23].

1.3 Технологические особенности хромирования

Изоляция мест, не подлежащих покрытию, производится в целях экономии электроэнергии и материалов. Изоляция необходима и потому, что на участках поверхности, где плотность тока низкая, недостаточная для выделения хрома, происходит большее наводороживание, чем на участках, где идет хромирование.

Поддержание постоянного уровня электролита. С этой целью осуществляют периодическое добавление раствора из ванны «улавливания электролита». Это ванна с теплым раствором непроточной воды, в которую детали следует погружать для первичной промывки сразу же после их извлечения из ванны хромирования. Доведение уровня электролита до нормы производят до начала или после окончания рабочей смены.

Электролит для хромирования не реже одного раза в месяц следует декантировать, т.е. сливать во вспомогательную емкость для удаления осадка, накапливающегося на дне ванны, и ее очистки. С этой целью проводят также периодическую фильтрацию раствора с применением кислотостойких фильтрующих материалов. По окончании рабочей смены рекомендуется с помощью магнита или специальных приспособлений извлечь из ванны случайно упавшие детали, подвески или другие металлические предметы во избежание нежелательного накопления в растворе ионов растворившихся металлов [13].

1.4 Экспресс-контроль электролита хромирования

Контроль концентрации хромового ангидрида. При 18 ± 2 °С концентрацию CrO_3 , определяют по плотности электролита по таблице 1:

Таблица 1 – Определение концентрации электролита

Концентрация, г/л	100	160	200	250	300	350
Плотность, г/см ³	1,07	1,11	1,14	1,18	1,21	1,23

При других температурах концентрацию хромового ангидрида определяют с помощью номограммы на рисунке 1.

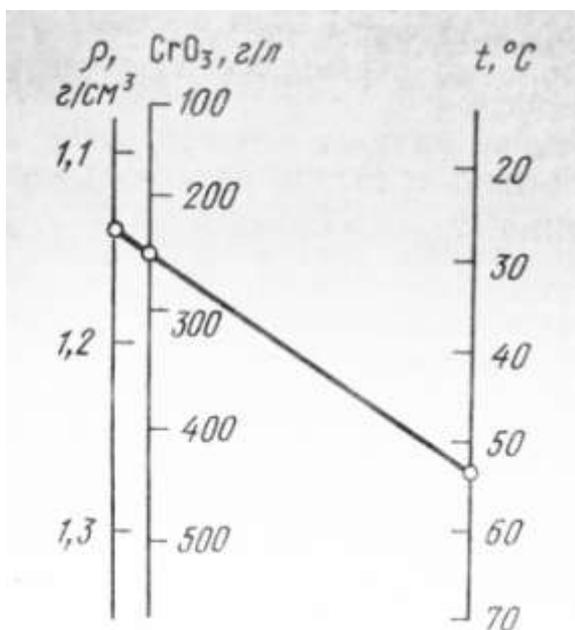


Рисунок 1 – Номограмма для определения концентрации CrO₃

Контроль концентрации сульфатов

Метод центрифугирования. Центрифугированию подвергают осадок сульфата бария, образующегося при проведении анализа, в соответствии с методикой весового определения содержания ионов SO₄²⁻. Осаждают сульфаты в специальной пробирке, предварительно тарированной по растворам с известным содержанием ионов SO₄²⁻. После центрифугирования до постоянного объема осадка в капилляре пробирки содержание сульфатов определяют по числу делений шкалы, имеющейся на капилляре.

Электрохимический метод. Метод состоит в регистрации времени τ_s , с момента включения поляризующего тока до резкого скачка величины катодного потенциала (на 200...300 мВ), что видно по осциллограмме «потенциал – время». Определение ведут в лабораторном электролизере емкостью 50–100 мл, используя в качестве катода предварительно хромированный торец медной проволоки сечением 1 мм², а в качестве анода – хромированную латунную пластину,

площадь поверхности которой 10...12 см². Ток, протекающий через электролизер, стабилизируется последовательным включением сопротивления 10...20 кОм. Катодная плотность тока должна быть 8...10 А/дм².

Отношение CrO₃/H₂SO₄ определяется по графику на рисунке 2, связывающему это отношение с τ_s [13].

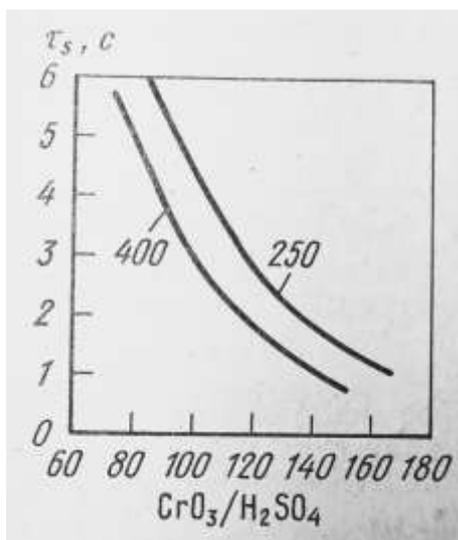


Рисунок 2 – График для определения соотношения CrO₃/H₂SO₄ электрохимическим методом

1.5 Требования к микроклимату помещений

Воздушная среда является важнейшим элементом условий труда на производстве. Излишняя влажность или низкая температура, запылённость воздуха, загазованность, сквозняки оказывают вредное воздействие на организм человека, вызывают снижение его работоспособности, увеличивают возможность травматизма и профессиональных заболеваний. Нормативные параметры микроклимата для производственных помещений приведены в СанПиН 2.2.4.548–96, в соответствии с которыми должны поддерживаться температура, относительная влажность и скорость движения воздуха в рабочей зоне. Установлены нормативы для оптимального и допустимого микроклимата.

Оптимальный микроклимат – сочетание его параметров, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают

сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции. Оптимальный микроклимат обеспечивает ощущение комфорта и создает предпосылки для сохранения высокого уровня работоспособности.

Допустимый микроклимат – сочетание его параметров, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать переходящие и быстро исчезающие изменения функционального и теплового состояния организма и напряжения терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При допустимом микроклимате не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут появиться дискомфортные теплоощущения, ухудшаться самочувствие и снижаться работоспособность.

Гальванические цеха характеризуются незначительными удельными выделениями избытков теплоты – менее 20 ккал/м³·ч (менее 23 Дж/м³·с), а работы, производимые в этих цехах, относятся к категории работ средней тяжести – II^а (работы, связанные с ходьбой, выполняемые стоя, не требующие перемещения тяжестей) или II^б (работы, требующие перемещения тяжестей до 10 кг).

При этих условиях допустимы следующие параметры микроклимата: в холодный и переходный периоды года (температура наружного воздуха ниже 10 °С):

- температура для работ категории II^а 17...23 °С, а для работ категории II^б 15...21 °С,
- относительная влажность – не более 75 %,
- скорость движения воздуха – не более 0,3 м/с для работ категории II^а или 0,4 м/с для работ категории II^б;

в тёплый период года:

- температура должна быть не более, чем на 3 °С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч дня самого жаркого месяца, но не более 31 °С;
- относительная влажность

при 28...31 °С – не более 55 %,

при 27 °С не более 60 %,

при 26 °С – не более 65 %,

при 25 °С – не более 70 %

и при 24 °С – не более 75 %;

- скорость движения воздуха должна быть 0,2...0,5 м/с (большая скорость соответствует максимальной температуре воздуха и наоборот). При оптимальных условиях действительны следующие параметры микроклимата:

- в холодный и переходный периоды года температура воздуха 17...19 °С, относительная влажность 60...40 %, скорость движения воздуха не более 0,3 м/с;

- в тёплый период года температура воздуха 20...22 °С, относительная влажность 60...40 %, скорость движения воздуха не более 0,4 м/с.

СНиП 2.04.05–86 предписывает принимать допустимые условия при проектировании отопления и вентиляции, а оптимальные условия при проектировании кондиционирования воздуха. Обеспечение теплового режима на рабочем месте обеспечивается применением вентиляции с отоплением. Расчётную температуру для холодного периода года и переходных условий при проектировании систем отопления рекомендуется принимать минимальной из допустимых, приведённых в ГОСТ 12.1.005 [9, 16,18, 25].

Вывод по разделу один

В разделе рассмотрены основы процесса электроосаждения хрома, виды хромовых покрытий и их применение, технологические особенности хромирования, и описаны методы определения концентрации растворов электролитов. Также рассмотрены требования к микроклимату производственных помещений.

2 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ХРОМИРОВАНИЯ

Работа с химическими веществами создает опасность отравлений, ожогов и профессиональных заболеваний. Степень отрицательного воздействия химических веществ на организм человека зависит от их физико-химических свойств, агрегатного состояния, класса опасности вещества, времени и характера воздействия, путей поступления вещества в организм, состояния организма и других вредных факторов.

Технологические процессы в гальванических цехах сопровождаются выделениями вредных веществ в атмосферу, например выделением водорода при электролизе, выносом растворов пузырьками водорода, кислорода, образующихся в процессе обработки металла, испарением составных частей раствора.

При несоблюдении мер предосторожности и техники безопасности вредные вещества могут поступать в организм человека через органы дыхания, кожу и пищеварительный тракт.

Концентрация вредных веществ в приземном слое атмосферы не должны превышать ПДК для населённых пунктов, а для промышленной площадки 0,3 ПДК в воздухе рабочей зоны. Для хромового ангидрида ПДК в рабочей зоне производства предприятия – 0,01 мг/м³, в атмосферном воздухе населенных пунктов: максимально разовая – 0,0015 мг/м³, среднесуточная – 0,0015 мг/м³.

Хромовый ангидрид – CrO₃ – выделяется в виде аэрозоля, класс опасности 1 – чрезвычайно опасное вещество, крайне токсичен. Оказывает вредное воздействие на печень, почки, пищеварительную, сердечно-сосудистую систему, кожу и слизистые оболочки.

Для обеспечения безопасного уровня загрязнения атмосферы в рабочей зоне гальванических цехов применяются следующие технологические мероприятия: капсулизация оборудования и его герметизация; применение укрытий, крышек, козырьков; укрытие поверхности жидкости в ваннах поплавками, пеной;

применение оборудования со встроенными местными отсосами, очистка удаляемого воздуха в туманоуловителях, газопромывателях, абсорберах, фильтрах [9].

В тоже время гальваническое производство является одним из наиболее опасных источников загрязнения поверхностных и подземных водоемов, ввиду образования большого объема сточных вод, а также большого количества твердых отходов, особенно от реагентного способа обезвреживания сточных вод.

Соединения металлов, выносимые сточными водами гальванического производства, весьма вредно влияют на экосистему водоем–почва–растение–животный мир–человек. Некоторые неорганические соединения оказывают губительное действие на микроорганизмы очистных сооружений, прекращают или замедляют процессы биологической очистки сточных вод и сбрасывание осадков в метантенках. Токсичные металлы в водоемах губительно действуют на флору и фауну и тормозят процессы самоочищения водоемов.

Оценка экологической опасности гальванопроизводства

Для оценки экологической опасности гальванического производства служит экологический критерий (ЭК), который определяется как отношение конечной концентрации компонента раствора в сбрасываемой (очищенной) воде ($C_{\text{кон}}$) к его ПДК в воде рыбохозяйственных водоемов и прямо пропорционально зависит от концентрации компонента в технологическом растворе (C_0), кратности разбавления промывными водами выносимого из ванны раствора (q/Q) и обратно пропорционально зависит от степени очистки сточных вод (α):

$$\text{ЭК} = \frac{C_{\text{кон}}}{\text{ПДК}} = \frac{C_0}{\text{ПДК}} \times \frac{q}{Q} \times (1 - \alpha).$$

Чем больше экологический критерий, тем большую экологическую опасность представляет тот или иной технологический раствор, гальванический цех;

суммарно по всему гальваническому цеху с учетом работы очистных сооружений экологический критерий не должен превышать единицы: ЭК=1.

Представленная зависимость показывает, что снижение отрицательного воздействия гальванического производства на окружающую среду достигается снижением экологической опасности применяемых растворов и электролитов ($C_0/ПДК$), рационализацией водопотребления (q/Q) и повышением эффективности очистки сточных вод [10].

Вывод по разделу два

В разделе рассмотрены основные экологические проблемы процесса хромирования – выделение в атмосферу аэрозоля хромового ангидрида и загрязнение водоемов сточными водами гальванического производства.

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ВЫДЕЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

В гальванических цехах технологическими мероприятиями, благоприятно влияющими на состояние воздушной среды, являются: применение безвредных или менее вредных техпроцессов; замена вредных растворов и электролитов менее вредными; капсюлизация оборудования и его герметизация; применение укрытий, крышек, козырьков; укрытие поверхности жидкости в ваннах поплавками, пеной; применение оборудования со встроенными местными отсосами; применение по возможности меньших значений плотности тока и температуры раствора без снижения производительности процесса и качества покрытия; приготовление и корректирование растворов (в особенности высокотоксичных) централизованным способом в обособленных помещениях с перекачкой готовых растворов к ваннам насосами по трубопроводам; сигнализация при неисправности системы отсосов, автоматическое блокирование оборудования и сантехустройств; автоматическое регулирование режимов (температуры, плотности тока, кислотности растворов, постоянства уровня раствора, времени электролиза и т.п.) [9, 18].

3.1 Укрытие ванн

Согласно санитарным правилам водные поверхности с температурой воды выше 30 °С в рабочих помещениях подлежат полному укрытию с устройством местных отсосов.

Укрытие ванн локализует распространение вредных веществ и позволяет улавливать их бортовыми отсосами с большей эффективностью. Устройство укрытия ванн организуют, как правило, при обработке крупных деталей: на длинных бортах ванны устанавливают шарнирно закреплённые створки с противовесами, а для погружения детали в ванну предусматривают открывание створок с помощью системы рычагов. При больших габаритных размерах

открывание и закрывание ванн должно быть механизировано. Выделяющиеся вредные вещества удаляют через двубортные (двусторонние) отсосы. Створки могут быть как жёсткими, так и гибкими. Жёсткие створки и крышки изготавливают из винипластового листа, закреплённого на листе из коррозионностойкой стали. Гибкие створки изготавливают из химически стойких материалов (например, полихлорвиниловой ткани) в редких случаях из ионообменного тканевого полотна. Полотно перемещается по направляющим, установленным своими концами на бортовых отсосах вентиляции.

Когда полное укрытие мешает технологическому процессу, применяют неполное укрытие с помощью откидывающихся козырьков. Откидывающимися козырьками оборудуются ванны с цианистыми растворами, ванны хромирования, ванны с длительным технологическим процессом, а также с высокой температурой растворов [3, 9, 18].

3.2 Местная вентиляция

В гальванических цехах применяют четыре типа отсасывающих устройств: вытяжной шкаф, вытяжной колпак (зонт), вытяжные панели и бортовые отсосы.

Вытяжные шкафы

Некоторые покрытия, травление и обезжиривание мелких деталей производят в вытяжных шкафах. Эскизы шкафов различных конструкций приведены на рисунке 3. Наличие свободного конца перегородки сверху шкафа позволяет путем отгиба его на нужную величину в любую сторону изменять в широких пределах объемы воздуха, отсасываемого снизу или сверху.

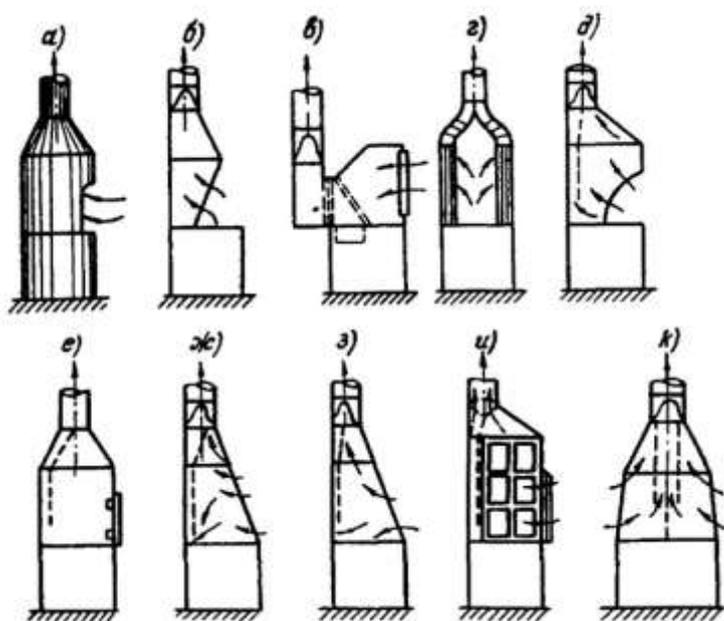


Рисунок 3 – Эскизы вытяжных шкафов:

а и б – с верхним отсосом; в и г – с нижним отсосом; д, е, ж, з, и, к – с комбинированным верхним и нижним отсосом

Бортовые отсосы

Одним из способов удаления выделяющихся вредных веществ является устройство щелевых бортовых отсосов. Щели располагают в вертикальной плоскости (простые и обычные отсосы) или в горизонтальной плоскости (опрокинутые отсосы), принципиальные схемы показаны на рисунках 4 и 5.

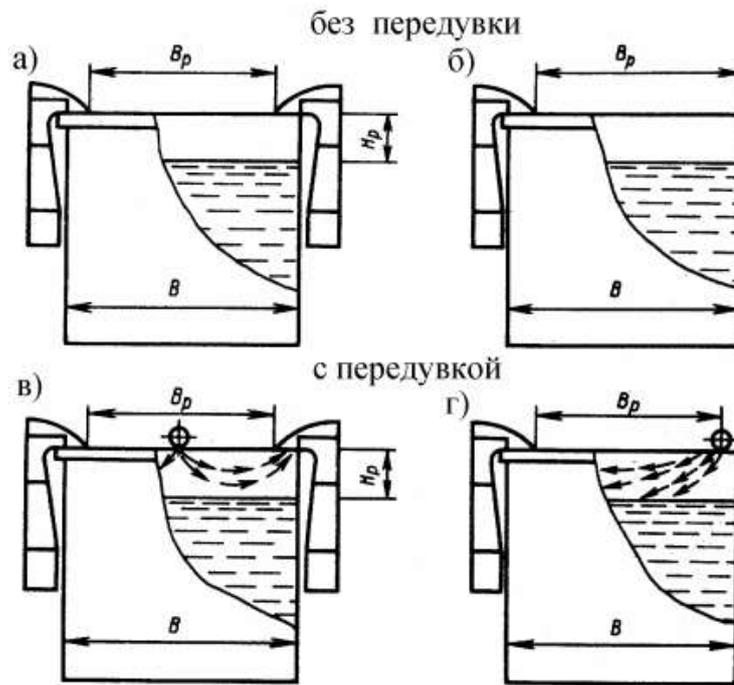


Рисунок 4 – Схемы бортовых отсосов:

а – двубортовой опрокинутый, б – однобортовой опрокинутый, в – двубортовой активированный, г – однобортовой активированный

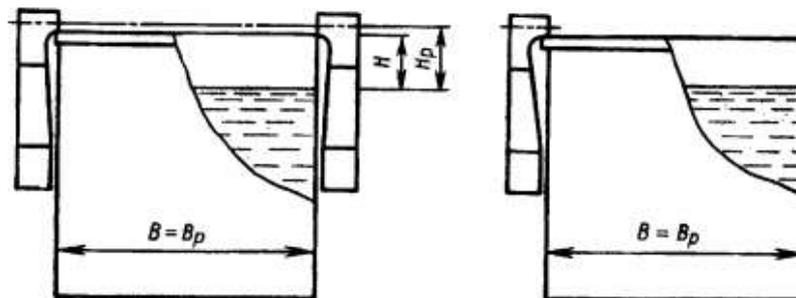


Рисунок 5 – Схемы бортовых отсосов:

а – двубортовой простой, б – однобортовой простой

Бортовые отсосы располагают по длинным сторонам ванн. Наличие съемной крышки и верхнее расположение заслонки облегчает очистку отсоса от наростов. Фиксация заслонки после регулирования отсоса не нарушается при снятии крышки и чистке отсоса и заслонки.

Эффективность улавливания и удаления вредных веществ с поверхности растворов в ваннах зависит от конструкции бортового отсоса и объема

отсасываемого воздуха и практически не зависит от скорости входа воздуха в щели бортового отсоса. Расходы воздуха бортовыми отсосами тем больше, чем больше ширина ванны, выше температура жидкости, токсичнее вредные вещества, подвижнее воздух в помещении.

Панельные отсосы

Наличие у всасывающих отверстий ограничивающих плоскостей в виде экранов или в виде продолженной одной или нескольких сторон преграждает доступ воздуху в этих местах и увеличивает скорость воздуха в зоне всасывания. Это улучшает эффективность работы местных отсосов.

На рисунке 6 приведена наклонная панель равномерного всасывания, представляющая собой модернизированную конструкцию панели С.А. Чернобережского.

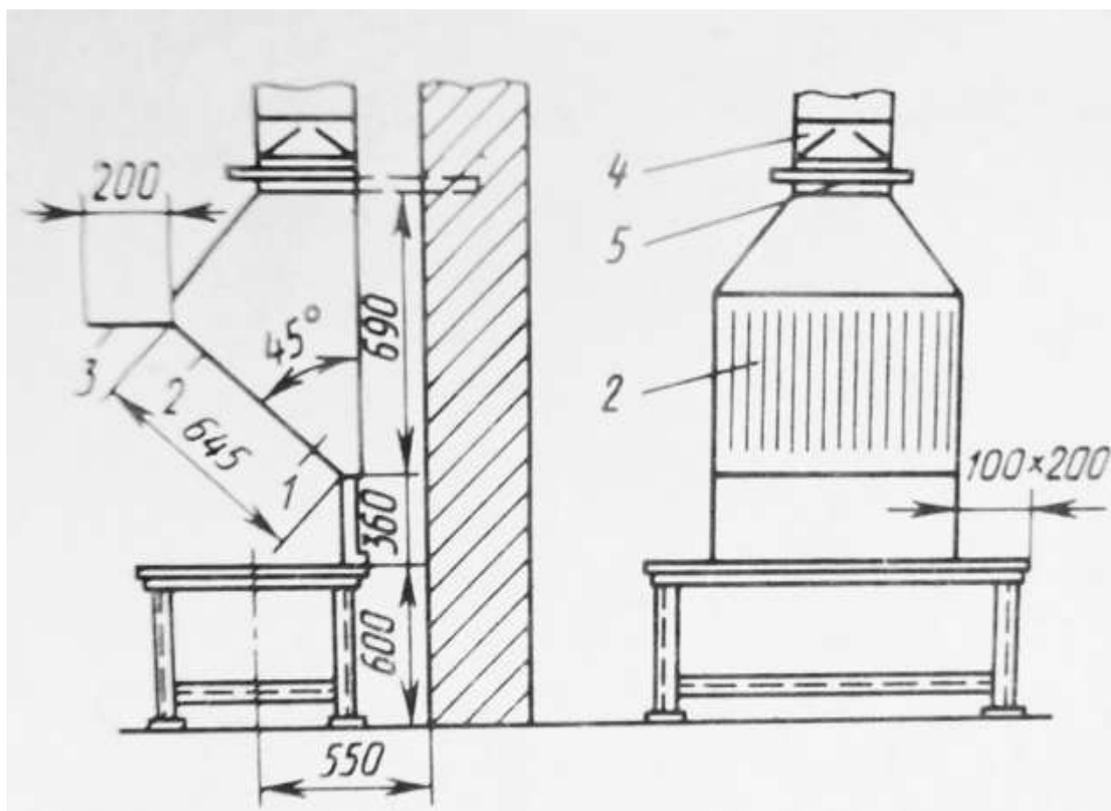


Рисунок 6 – Наклонная панель равномерного всасывания:

1 – приемник, 2 – всасывающая решетка, 3 – козырек, 4 – воздуховод, 5 – шибер

Во всасывающей плоскости установлена штампованная решетка с прорезями; живое сечение решетки составляет 25 % габаритной площади панели. Пространство между панелью и оборудованием закрывается щитом. В верхней части панели устроен горизонтальный козырек, который повышает скорость воздуха в рабочей зоне над столом примерно на 20 %. В случае вертикальной установки панели объем удаляемого воздуха следует увеличить по сравнению с наклоненной панелью на 25%.

Ряды панелей используют для отсоса паров и аэрозолей, выделяющихся от обрабатываемых предметов, когда последние выгружают из травильной ванны и выдерживают над ней для стекания раствора [18,19].

3.3 Воздушно-струйные укрытия

По ширине открытых ванн более 1 м экономически оправдано при. менять системы "поддув-отсос", создающие воздушно-струйные укрытия ванн. В этих системах создают поддувочные (активные) струи, которые увеличивают эффективность улавливания вредных веществ местными отсосами. При этом требуется отсасывать меньшие объемы воздуха по сравнению с бортовыми и другими отсосами обычного типа. Ниже приведены различные варианты этих систем.

Укрытие полуограниченной плоской струей, совмещенное с щелевым отсосом

Струя, выпускаемая из щелевого воздухораспределителя, настиляется на поверхность жидкости в ванне, захватывает при этом выделяющиеся вредные вещества и уносит их в зону действия отсоса, что показано на рисунке 7. Такие устройства целесообразны, когда наибольшая масса вредных веществ выделяется с поверхности жидкости и наименьшая – во время выгрузки и перегрузки обрабатываемых предметов из одной ванны в другую и когда на пути струи нет выступающих частей, которые могут отклонить поддувочную струю.

Недостатком этой системы является то, что при налипании струи на поверхность жидкости происходит волнообразование и увеличивается каплеунос в вытяжную вентиляционную систему.

И.А. Шепелев предложил рассматривать взаимодействие соосной приточной струи и отсоса на основе результирующей скорости на оси системы.

Результирующая осевая скорость изменяется в зависимости от скорости истечения приточного воздуха до некоторой наименьшей величины, а затем увеличивается до скорости всасывания в местном отсосе. С точки зрения устойчивости системы наиболее опасным является сечение, в котором результирующая скорость на оси наименьшая.

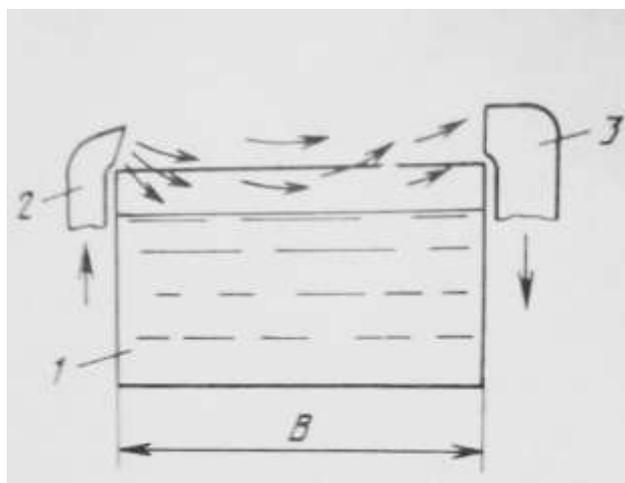


Рисунок 7 – Система полуграниченная плоская струя – щелевой отсос:
1 – ванна, 2 – воздухораспределитель поддува, 3 – вытяжной приемник

Укрытие неограниченной плоской струей, совмещенное с щелевым отсосом

Воздушные струи могут быть расположены выше выгружаемых из ванны предметов при низко расположенных уровнях поверхности раствора. Схема изображена на рисунке 8. Если по конструктивным или иным соображениям, связанным с конкретными условиями, приточная щель не может быть поднята на достаточную высоту, предусмотрено, что приточная струя может быть выпущена под углом В.

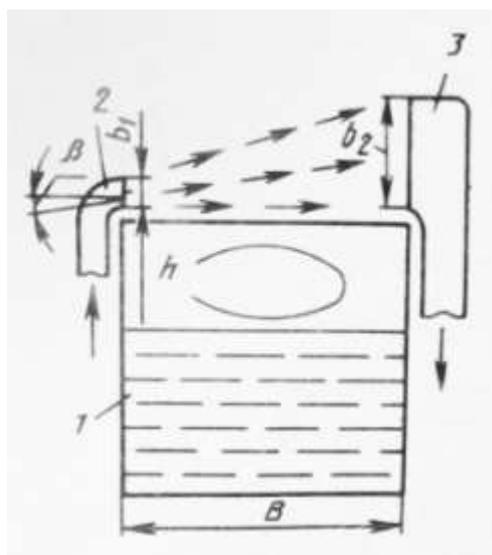


Рисунок 8 – Система неограниченная плоская струя – щелевой отсос:
 1 – ванна, 2 – воздухораспределитель поддува, 3 – вытяжной приемник

При этой системе под воздушной струей создается объем, в котором могут разместиться обрабатываемые предметы на период стекания раствора после выгрузки их из ванны. Пары и газы, выделяющиеся с поверхности жидкости и обрабатываемых предметов, в основном остаются в зоне под воздушной струей и не попадают в атмосферу цеха.

Применение такой системы целесообразно, когда значительная масса вредных веществ выделяется при выгрузке обрабатываемых предметов из ванны. Принципиальная основа системы состоит в том, что воздушная струя замыкается на всасывающем отверстии, не контактируя с поверхностью жидкости в ванне. Экспериментально установлено, что объем замкнутого пространства под струей не влияет сколько-нибудь существенно на геометрию струи.

Компактные струи, совмещенные с боковым отсосом

Принцип действия системы, показанный на рисунке 9, состоит в подсосывании поддуваемой струей вредных веществ и подаче их к всасывающему устройству.

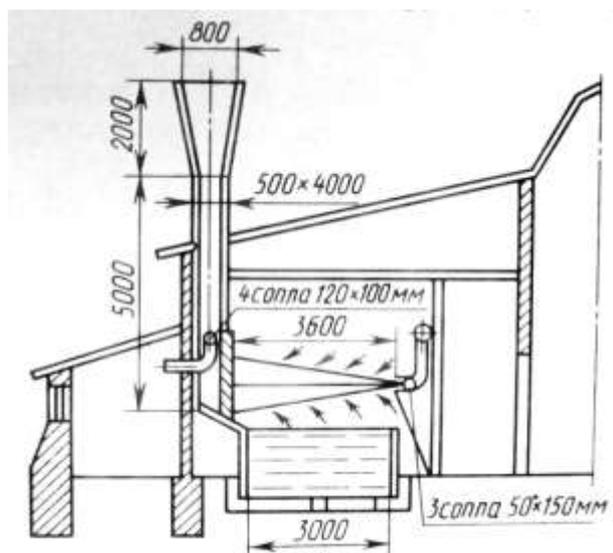


Рисунок 9 – Система компактная струя – боковой отсос

Для эффективной работы системы необходимо направлять подсасывающие струи так, чтобы они возможно лучше перемешивались с поднимающимися парами, в частности, рационально направлять струи горизонтально, вдоль длинной стороны ванны; для создания компактных струй необходимо применять насадки с небольшим углом расширения и соответственно медленным затуханием скоростей, например цилиндрические насадки с поджатиями на конце [3, 18].

3.4 Способы уменьшения уноса электролита

Применение поплавков

Укрытие поверхности раствора пластмассовыми поплавками (шариками, двояковыпуклыми линзами, квадратными пластинами с выступами по центру с обеих сторон) значительно снижает унос растворов и выделение вредных веществ, а также снижаются энергозатраты (уменьшается расход пара, воды или электроэнергии) у ванн с нагретым раствором. Расход отсасываемого воздуха можно уменьшить на 25 % для обычных бортовых и на 10 % для опрокинутых отсосов, расход химикатов – на 10...15 %. Поплавки делают диаметром 25...30 мм или стороной квадрата 20...30 мм с учётом того, чтобы они не попадали в

полости обрабатываемых деталей. Их не применяют, когда обрабатывают мелкие детали в корзинах, так как при этом вместе с деталями уносятся и поплавки.

При интенсивном нагреве, перемешивании раствора, часто повторяющихся погружениях и извлечениях деталей поплавки скапливаются у стенок ванны и оставляют открытой её середину. В этих случаях следует применять двухслойную засыпку поплавков. Для растворов с температурой до 75 °С рекомендуются поплавки из пенополистирола, для растворов с температурой 75...100 °С – полиэтиленовые или полипропиленовые поплавки.

Применение пенообразователей

Для уменьшения выделения вредных веществ с поверхности ванн в состав растворов вводят различные добавки: ингибиторы кислотной коррозии (уротропин, КПИ и др.), присадки, поверхностно-активные вещества (ПАВ), хромин, хромоксан и другие вещества.

Пенозащитный слой рекомендуется применять при кислотном травлении чёрных и цветных металлов, электрохимическом полировании, щелочном травлении алюминия и его сплавов, серноокислом анодировании алюминия и его сплавов, анодном снятии олова в щелочном растворе, хромировании.

При защитно-декоративном хромировании в состав электролита вводят хромин в количестве 0,5...2,0 г/л, при нанесении толстых хромовых покрытий толщиной до 100 мкм (кроме проточного хромирования и покрытия титановых сплавов) в состав электролита можно вводить 1,0...2,0 г/л хромоксана – эти добавки в десятки раз снижают выделение хромового ангидрида.

При выборе пенообразователей необходимо учесть их влияние на канализационные стоки. Например, наличие даже малого количества пенообразователей ОП-10, ОП-7, ОС-20, ДТ-7 в сточных водах неприемлемо вследствие губительного их воздействия на живые организмы как в установках биологической очистки, так и в природных водоёмах. Применение пенообразователей требует соблюдения мер предосторожности. Например, при

использовании слоя пены в ваннах хромирования и электрохимического обезжиривания нельзя снимать подвески со штанги, находящейся под током, так как в слое и под слоем пены накапливается водород, а при размыкании электрической цепи образуются искры, вызывающие сильные хлопки взрывного характера, выплескивающие из ванны раствор. Поэтому, сначала необходимо отключить ток, а затем снимать подвески со штанг. Покрытие поверхности раствора пеной позволяет уменьшить количество отсасываемого воздуха на 50 %, а расход химикатов на 10...15 % [18, 21, 28].

3.5 Общеобменная вентиляция

Вследствие отсутствия местных отсосов у некоторых ванн, а также недостаточной работы имеющихся отсосов в атмосферу помещений гальванических цехов постоянно выделяются вредные вещества, водяной пар и избыточное тепло. Кроме того, поднятые после обработки детали находятся вне зоны действия местных отсосов и с них вредные вещества выделяются в окружающий воздух помещений. Для избежания накопления вредных веществ выше ПДК и поддержания влажности и температуры окружающего воздуха в необходимых пределах устраивают общеобменную вентиляцию. Особенно важна роль общеобменной вентиляции в нерабочее время при отсутствии укрытия технологических ванн – в этом случае общеобменная вентиляция удаляет воздух из верхней зоны помещения.

Естественная вытяжка из верхней зоны помещений должна обеспечивать разбавление скапливающегося там водорода до 5 % от нижнего предела взрываемости.

Для компенсации удаляемого местными отсосами воздуха предусматривают механический приток, при этом должен обеспечиваться не менее чем трёхкратный воздухообмен в час. Приточный воздух следует подавать в верхнюю зону помещения не ниже 2,5...3 м от пола равномерно через воздухораспределители, обеспечивающие скорость движения воздуха в рабочей

зоне не более 0,3 м/с. Оптимальной является рассеянная подача приточного воздуха под перекрытие. Для рассеянной подачи приточного воздуха применяют перфорированные воздуховоды круглого или прямоугольного сечения, перфорированные потолочные панели, решётки, щелевые потолки и т.п. Скорость истечения приточного воздуха на входе в рабочую зону во избежание нарушения нормальной работы бортовых отсосов не должны превышать 0,3 м/с.

На участке химической очистки поверхности, где доминирующим вредным веществом является влага, рекомендуется 65...70 % приточного воздуха подавать в нижнюю зону, 35...30 % – в верхнюю зону под перекрытие. Воздух, подаваемый в верхнюю зону, подогревают до 50 °С и выпускают со скоростью 15...18 м/с, обеспечивая интенсивное перемещение для подсушивания строительных конструкций. В тёплое время года допускается естественный приток через проёмы в наружных ограждениях на высоте не менее 4 м от пола. В холодное время года подаваемый воздух необходимо подогревать до температуры не ниже 18 °С.

При смежном расположении гальванических и травильных отделений с помещениями других производств, не имеющими вредных выделений и пыли, приточный воздух следует подавать в количестве 90...95 % от расчётного объёма отсасываемого воздуха. Остальной воздух должен поступать из смежных помещений через дверные проёмы, для чего в этих помещениях предусматривают приток воздуха в количестве, достаточном для компенсации перетока воздуха в гальваническое отделение. Общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию следует проектировать и для помещений, где расположены источники постоянного тока, для ассимиляции избытков теплоты от электрооборудования в течение круглого года и от солнечной радиации в тёплый период года. В блоке помещений для работы с цианистыми солями должны быть предусмотрены две отдельные общеобменные вытяжки: одна для комнаты хранения и растворения или расфасовки цианистых солей, другая для комнаты спецодежды, душевой кабины и коридора. В помещениях для оборудования очистки сточных вод

вытяжную вентиляцию следует выполнять с местными отсосами, а также общеобменную с забором воздуха из верхней и нижней зон со следующей кратностью воздухообмена: в помещении приготовления раствора извести 4 объёма в час, при выделении сернистого газа 8 объёмов в час, в насосной станции загрязнённых вод и в помещении для обезвреживания цианистых стоков 10 объёмов в час [9, 24, 30].

Вывод по разделу три

В разделе рассмотрены технологические мероприятия по уменьшению выделения загрязняющих веществ: укрытие ванн, применение местной вентиляции, удаления воздуха с помощью воздушно-струйных укрытий.

4 ОЧИСТКА ОТСАСЫВАЕМОГО ВОЗДУХА ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

4.1 Общие принципы

Кардинальным решением проблемы охраны окружающей среды является сокращение и полная ликвидация выбросов в атмосферу вредных веществ. Для предотвращения и максимального снижения выбросов в атмосферу вредных веществ должны быть использованы наиболее современные технологические процессы и методы очистки, соответствующие современному научно-техническому прогрессу.

Очистку отсасываемого воздуха от вредных веществ осуществляют различными способами. Часть вредных веществ, выделяющихся в виде аэрозолей, оседает на пути от борта ванны до вытяжного центра. В вытяжном центре улавливают оставшиеся вредные вещества из удаляемого воздуха перед выбросом его в атмосферу.

Очистку воздуха от пыли осуществляют в пылеуловителях различных конструкций. Для очистки воздуха от аэрозолей, паров и газов вредных веществ применяют разного рода аппараты – конденсаторы, абсорберы, волокнистые фильтры, ионитные фильтры и др.

При выборе очистного оборудования учитывают эффективность его очистки, капитальные затраты, эксплуатационные расходы, надежность работы, удобство обслуживания, легкость контроля, доступность ремонта, занимаемую площадь, расходы электроэнергии, воды и реагентов.

Бесперебойность очистки выбросов достигают установкой в вытяжной системе не менее двух очистных аппаратов, причем при временном отключении одного из них остальные обеспечивают необходимую пропускную способность и эффективность.

Для остаточного содержания вредных веществ в выбросах при неполной очистке предусматривают рассеивание вредных веществ в атмосферном воздухе так, чтобы концентрации их не превышали в атмосферном воздухе населенных

мест максимальные разовые предельно допустимые значения. При отсутствии значений максимальных разовых концентраций принимают значения среднесуточных концентраций. При незначительном валовом, количестве вредных веществ или малой концентрации их в выбрасываемом воздухе допускается не предусматривать его очистку, если путем рассеивания этих веществ в атмосферном воздухе при наиболее неблагоприятных для данной местности условиях будут обеспечены допустимые концентрации.

Газопылеулавливающие установки необходимо оснащать контрольно-измерительными приборами. Основные из них следующие: дифманометры для измерения гидравлического сопротивления аппаратов; манометры для измерения давления воды, подаваемой в мокрые аппараты; уровнемеры с сигнализационными устройствами, срабатывающими при переполнении бункеров и дренажных устройств; указывающие и регистрирующие приборы на щите управления пыле- и газоулавливающими установками; автоматические пробоотборники и приборы, автоматически определяющие запыленность воздуха на входе и выходе из аппарата с сигнализационными устройствами, срабатывающими в случаях повышения запыленности и концентрации вредных веществ в очищаемом воздухе сверх установленного предела.

При мокрой очистке воздуха пыле- и газоулавливающие установки необходимо оснащать средствами автоматизации для поддержания постоянного давления, постоянной концентрации раствора и снижения расхода раствора, поступающего на аппарат [18, 28].

4.2 Осаждение аэрозолей

Не все выделяющиеся из ванн вредные вещества полностью поступают к вытяжному центру. Часть аэрозолей оседает на стенках бортовых отсосов и примыкающих к ним участков воздухопроводов. Остаточное содержание аэрозолей на разных расстояниях от ванны отражено в таблице 2 [18].

Таблица 2 – Остаточное содержание аэрозолей

Расстояние от ванны, м	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Остаточное содержание аэрозолей, %	32	27	23	20	17	14	13	12	11	10	9

4.3 Конденсация паров

Можно усилить осаждение вредных веществ путем охлаждения и конденсации выделяющихся паров в конденсаторе. Конденсатор представляет собой заключенные в кожух гладкие или оребренные трубки, в которые подается вода или другая охлаждающая жидкость, при температуре более низкой, чем температура насыщения пара. Паровоздушная смесь, обтекая трубки охлаждается, часть пара сжижается, конденсат стекает в поддон и выводится из аппарата.

Небольшие конденсаторы можно встраивать в местные отсосы (или пристраивать к ним) и тем самым уменьшать загрязнение атмосферы, а воздуховоды и вентиляторы служат для частичной защиты от коррозии [18, 30].

4.4 Улавливание туманов

Туманами называют аэрозоли, частицы которых состоят из мельчайших капель жидкости. Их улавливание в основном подчиняется закономерностям улавливания твердых частиц (пыли). Однако техника улавливания туманов и аппаратное оформление имеют ряд особенностей. В большинстве случаев размер частиц туманов меньше 1...2 мкм. Для их улавливания в основном применяют аппараты следующих трех типов: мокрые электрофильтры, скоростные турбулентные промыватели, волокнистые и зернистые фильтры. В этих аппаратах улавливание в большинстве случаев протекает более медленно, чем улавливание твердых частиц. Это объясняется тем, что на их работу в большей степени влияет линейный размер частиц, чем плотность их.

Применение скоростных турбулентных промывателей для улавливания туманов часто затрудняется. При крупномасштабных производствах много электроэнергии расходуется на транспортирование газов вследствие необходимости преодоления больших гидравлических сопротивлений. В большинстве случаев требуются специальные вентиляторы, так как в результате коррозии невозможно применять типовые компрессоры, газодувки и др.

В некоторых случаях при малом масштабе производства удается решить проблему тяги при помощи эжекторов, но это обычно удорожает процесс и потому применяется очень редко. Иногда для улавливания туманов применяют волокнистые фильтры из стеклянных и других видов волокон. Такие фильтры, в частности, применяют для улавливания тумана и брызг серной кислоты в «хвосте» сернокислотного производства

Скорость прохождения газа через фильтр составляет около 0,3 м/с; толщина фильтрующего слоя 300 мм; содержание тумана серной кислоты после фильтра $\approx 100 \text{ мг/м}^3$ при начальном содержании в несколько десятков грамм в 1 м^3 . При увеличении скорости газа возрастает содержание кислоты в очищенном газе. Сопротивление фильтра при указанных условиях составляет 4000 Н/м^2 (400 мм вод.ст.).

Для улавливания из потока паров мелких капель жидкости, унесенных после отделения паровой фазы в узле ввода сырья, используются каплеуловители (каплеотбойники), устанавливаемые после штуцера ввода сырья или в зоне питания колонны. С точки зрения организации контакта фаз на данный момент существуют противоточные, перекрестноточные и перекрестно-противоточные каплеуловители, которые чаще всего изготавливают либо из плетеных сеток, либо из просечно-вытяжных листов. Перекрестноточно-противоточные каплеуловители до 1960-х годов изготавливались в виде пакетов из уголков $50 \times 50 \text{ мм}$, развернутых послойно на 90° , с зазорами 10...15 см между слоями. Улавливание капель осуществлялось в них за счет сцепления (прилипания) капель вязкой жидкости со стенками уголков и многократного поворота потока пара на

90...180° (инерционное разделение неоднородных систем путем локального перекрестного тока при общем противотоке по аппарату). Уловленная капельная жидкость собиралась в уголках (расположенных створом вверх) и по ним стекала с одного из торцов каплеуловителя (пакеты устанавливались с уклоном).

В противоточном горизонтальном каплеуловителе на рисунке 10(а) пакеты сетки укладываются на горизонтальный несущий каркас 8. Паровой поток пересекает его вертикально; уловленные капли стекают по пакету вниз, укрупняются (коалесцируют) и падают вниз (в отгонную секцию) навстречу поднимающемуся потоку паров (противоточная организация движения потоков пара и жидкости). Недостаток такого устройства – поток пара препятствует стоку капель из каплеуловителя, и внутри пакета возможно создание режима барботажа пара и уловленной жидкости, что приводит к нарушению работы колонны. Для исключения этого недостатка позднее были разработаны перекрестноточные каплеуловители, изображенные на рисунке 10(б), в которых пакеты устанавливаются под углом 60° с опорой на сборные желоба. Уловленная жидкость стекает через торцы пакетов в желоба, а пары пересекают поток жидкости под углом 90° или меньше (перекрестноточная организация движения фаз пара и жидкости). Из желобов жидкость по сточным трубам направляется на тарелку отгонной части. В другом варианте перекрестноточного каплеуловителя на рисунке 10(в) на общем стальном полотне тарелки вокруг отверстия (диаметр 300...350 мм) для прохода паров установлены кольцевые пакеты 3, закрытые сверху крышками. Пары в этом случае пересекают пакет горизонтально, а уловленная жидкость стекает по ним вертикально на полотно тарелки и далее – в отгонную секцию колонны (траектории движения жидкости и пара различны).

В настоящее время предлагаются новые конструкции горизонтальных каплеуловителей, в том числе и перекрестно-противоточного типа – каплеулавливающие кассеты с расположенными в них кольцевыми насадками (с особым способом укладки по сечению колонны) и насадками регулярного типа (из секций зигзагообразно расположенной сетки с системой желобов для

улучшения дренажа жидкости в отгонную секцию колонны; для улучшения стока жидкости предусмотрен небольшой наклон к горизонту). Секционный горизонтальный каплеуловитель данной конструкции, по сравнению с перекрестноточной конструкцией на рисунке 10(б), имеет меньшую высоту, большую механическую прочность и ряд других преимуществ. В рассмотренных конструкциях организуется локальный перекрестный ток в отбойном устройстве, но принцип общего противотока при организации движения фаз по аппарату сохраняется вследствие расположения каплеуловителей горизонтально (либо под незначительным уклоном) в сечении колонны. Эти конструкции могут обеспечивать высокую степень улавливания при скоростях выше 1,8 м/с, предельно допустимых для противоточных горизонтальных сетчатых каплеуловителей.

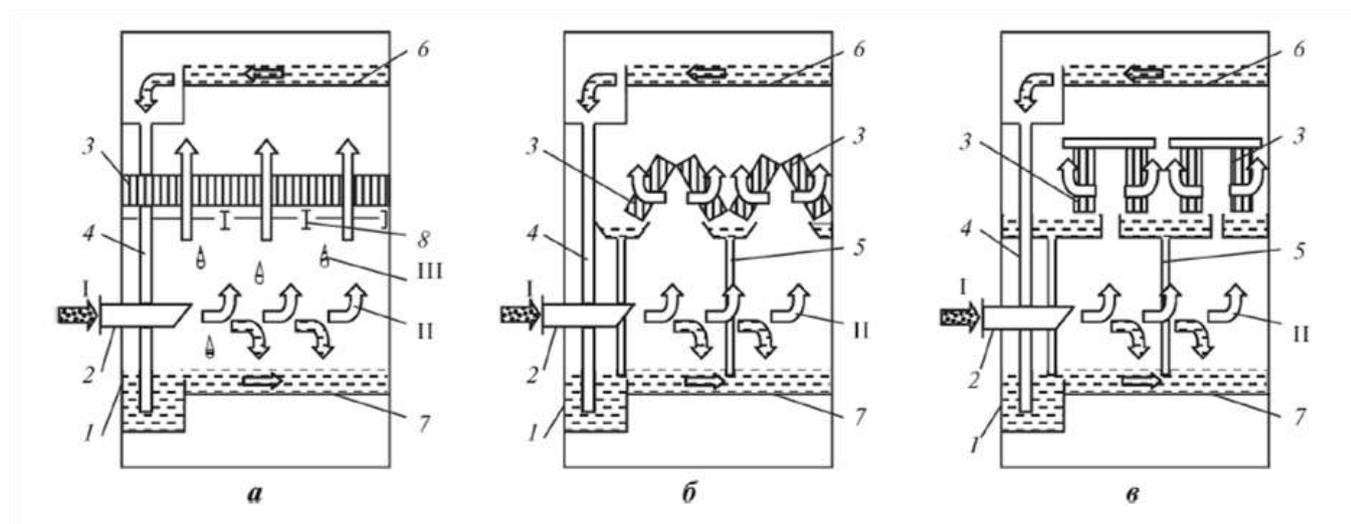


Рисунок 10 – Варианты (а, б, в) конструкций каплеуловителей:

1 – корпус колонны; 2 – патрубки ввода парожидкостного сырья; 3 – каплеулавливающие сетчатые пакеты; 4 – переливные трубы; 5 – сливы уловленной жидкости; 6, 7 – нижние тарелки укрепляющей и верхние тарелки отгонной частей колонны; 8 – опоры каплеуловителя; I – сырье; II – паровая фаза сырья; III – капли уловленной жидкости

В инерционных туманоуловителях используют различные насадки, изображенные на рисунке 11, устанавливаемые на выходе газового потока из аппарата, в виде слоя высотой 80...200 мм из колец Рашига, Палля, Берли, стержней (сепаратор Карбейта), мелких сеток, волокон, а также обычных массообменных тарелок.

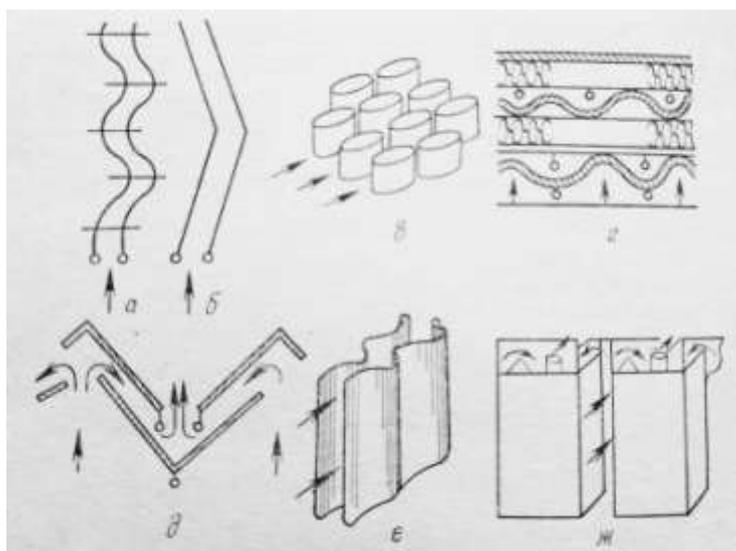


Рисунок 11 – Насадки инерционных туманоуловителей:

а, б – горизонтальные жалюзийные; в – стержни каплевидного сечения; г – гофрированные вязанные сетки, д – уголковые; е – вертикальные жалюзийные; ж – швеллерные

Каплеуловители из слоя насадок обеспечивают достаточно высокую эффективность очистки при скорости газа до 3 м/с. При более высоких скоростях может наступить захлебывание аппарата или вторичный унос капель.

Например, батарейный центробежный каплеуловитель, схема изображена на рисунке 12, для конических и цилиндрических скрубберов с подвижным слоем шаровой насадки работает следующим образом. Газожидкостной поток поступает снизу вверх из скруббера в сепарирующие элементы 3, где происходит разделение фаз в поле центробежных сил. Из каждого сепарирующего элемента жидкость попадает на установочную плиту 4 и по сливной трубе 6 через гидрозатвор

возвращается в циркуляционную емкость, а очищенный газ через сборный коллектор и газоход удаляется из аппарата.

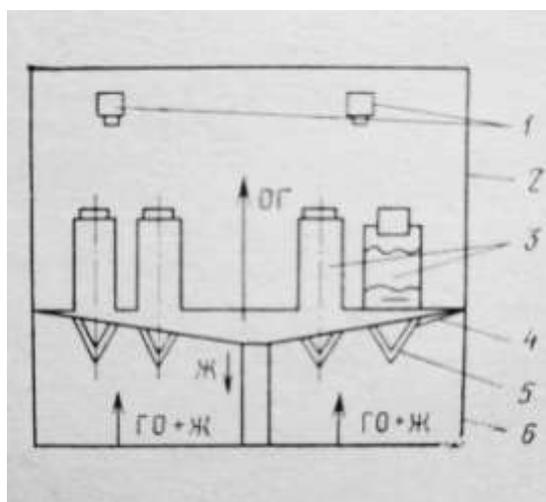


Рисунок 12 – Батарейный центробежный каплеуловитель:

1 – форсунки гидрослива, 2 – корпус, 3 – элементы-сепараторы, 4 – установочная плита, 5 – завихритель, 6 – сливная труба

Скорость газа в сечении сепарирующего элемента 7...12 м/с, гидравлическое сопротивление 0,25...0,7 кПа, энергозатраты на 1000 м³ очищаемого газа 0,22...0,32 кВт.

Одним из основных параметров, определяющих рациональный выбор каплеуловителя, является критическая скорость таза, т. е. максимальная скорость, при которой еще возможна работа сепаратора без вторичного уноса. Поскольку этой скорости соответствуют наибольшая эффективность и наименьшие габаритные размеры каплеуловителя, то ее следует рассматривать как оптимальную.

Патронные волокнистые туманоуловители используют для улавливания агрессивных дисперсных частиц в производстве серной кислоты, фосфора и его соединений и др.

Фильтр состоит из ситчатого барабана, выполненного из кислотостойкой пластмассы с цилиндрическим фильтрующим слоем из кислотостойких волокон

диаметром 5...30 мкм. Для предотвращения выноса брызг фильтр снабжен ситчатым брызгоуловителем. Такое простое устройство позволяет добиться высокой пропускной способности очищаемых газов (до 8,35 м³/с) при степени очистки 99,9% и концентрации тумана на выходе 25 мг/м³. Такие фильтры устанавливают как в верхней части аппарата, так и отдельно. Существуют модификации фильтров с горизонтальным фильтрующим слоем, а также с комбинацией слоев.

Для улавливания тумана серной кислоты в производстве красителей (начальная концентрация до 100 г/м³. сухого газа) используют двухступенчатый фильтр. Схема фильтра изображена на рисунке 12.

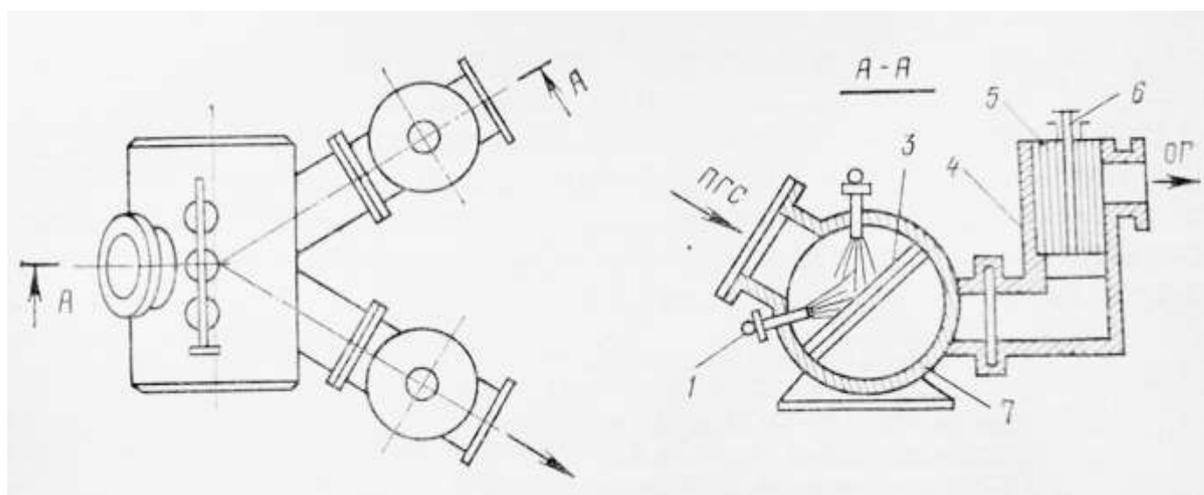


Рисунок 13 – Двухступенчатый волокнистый туманоуловитель:

1 – водяной коллектор, 2 – форсунка; 3 – плоские волокнистые фильтрующие элементы; 4 – корпус фильтра второй ступени; 5 – цилиндрический волокнистый фильтрующий элемент; 6 – перфорированная промывная труба; 7 – корпус фильтра первой ступени

Первая ступень фильтра состоит из слоя сравнительно толстых полипропиленовых волокон № 300-600, уложенных в плоские освинцованные рамки. Вторая ступень с большей фильтрующей поверхностью выполнена из более тонких полипропиленовых волокон № 1200-2000, помещенных в

вертикальные цилиндры, укрепленные ребрами на крышках аппарата. Диаметр корпуса первой ступени 2200 мм, второй – 1800 мм.

В нормальном режиме работы скорость газа в первом слое фильтра 4,2 м/с, во втором – 1,6 м/с, гидравлическое сопротивление порядка 60 гПа. Для очистки слоев их промывают водой, подаваемой в аппарат форсунками. Степень очистки в фильтре 99%, концентрация тумана серной кислоты на выходе не более 50 мг/м³. В волокнистых туманоуловителях используют волокна из самых различных материалов – фторена, полипропилена, стекловолокна, фторопласта и т. д. Эффективность очистки возрастает с уменьшением диаметра единичного волокна в слое и увеличением сопротивления слоя.

Сетчатые туманоуловители собраны из пакетов вязаных проволочных сеток. Как правило, установки для фильтрации туманов кислот и других агрессивных аэрозолей состоят из двух ступеней. Толщина сетчатых пакетов первой ступени 100...150 мм, диаметр химически стойкой проволоки 0,25 мм и менее. Рабочая скорость газа 6...12 м/с. На этой ступени происходит коагуляция частиц тумана, которые затем улавливаются в туманоуловителях других типов (механических, волокнистых). Установки, используемые в фосфорной промышленности, отличаются компактностью и высокой эффективностью (до 99,9%) при гидравлическом сопротивлении 8,5...11 кПа и конечной концентрации P₂O₅ 22 мг/м³.

Для очистки газов от тумана было успешно использовано акустическое агломерирование. В ультразвуковом туманоуловителе, изображенном на рисунке 14, давление звукового излучения препятствует захлебыванию сетки и уносу частиц из аппарата. Звуковое поле увеличивает число столкновений между проволочной сеткой и колеблющимися каплями. В экспериментах акустическое поле с мощностью 60...80 Вт и частотой 9,8 кГц создавали струйным свистком (можно использовать электромагнитный акустический генератор, вихревой свисток, свисток Хартмана).

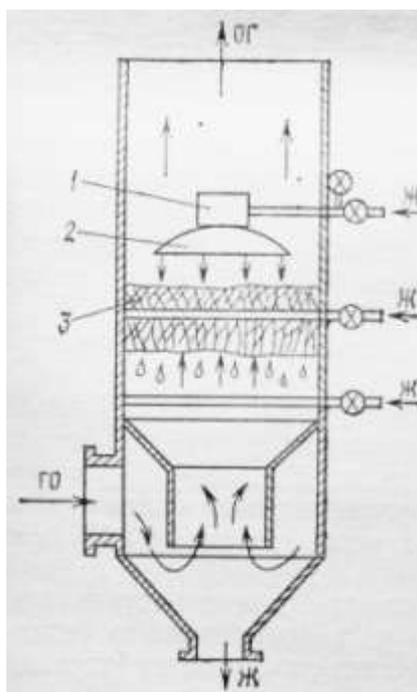


Рисунок 14 – Ультразвуковой туманоуловитель:

1 – источник звука; 2 – отражатель звука; 3 – слой проволочной сетки

В каплеуловителе с сеточным слоем высотой 120 мм при скорости газа 5 м/с и перепаде давления в 0,85 кПа концентрация аэрозоля была снижена с 0,345 до 0,0128 мг/м³ ($\eta = 96,5\%$). Сравнительные расчеты показали, что гидравлическое сопротивление в этом аппарате вдвое меньше по сравнению с двухступенчатым сетчатым туманоуловителем [2, 14, 29].

4.5 Оборудование для очистки воздуха от вредных веществ

Мокрые электрофильтры

Перед поступлением в электрическое поле мокрого электрофильтра газы охлаждаются до насыщения, и мокрая пыль улавливается более эффективно.

Мокрые электрофильтры широко применяют в сернокислотных цехах для очистки газов от тумана серной кислоты, селена и мышьяка (до контактных аппаратов после предварительной очистки газов от пыли в сухих электрофильтрах) и для улавливания тумана серной кислоты из хвостовых газов.

На рисунке 15 показан мокрый электрофильтр типа ШМК для очистки газов от тумана серной кислоты, мышьяка и селена.

Он представляет собой вертикальный односекционный однополюсный аппарат. Стальной цилиндрический корпус электрофильтра футерован изнутри кислотоупорным кирпичом 1 по подслою из полиизобутилена. Крышка аппарата стальная и защищена листовым свинцом. В верхней части корпуса находится стальная освинцованная решетка 3, к которой подвешены свинцовые осадительные электроды 2 в виде шестигранных сот. По оси каждого шестигранника свободно подвешен освинцованный коронирующий электрод 4 звездчатого сечения, прикрепленный верхним концом к коронирующей раме и натянутый снизу грузом. Коронирующие электроды подвешены тягами 5 к траверсам, прикрепленным на опорных изоляторах; изоляторы находятся в коробках 7. Тяги 5 проходят внутри кварцевых труб; на тягах установлены защитные коронирующие диски 6. Коробки изоляторов снабжены электрическими нагревательными элементами. В нижней части установлена двойная газораспределительная решетка 8. В электрофильтре ШМК пыль (шлам) с электродов удаляют горячей водой после предварительного пропаривания электрофильтра и доведения в нем температуры до 85...90 °С. Улавливаемую кислоту сливают через патрубок из нижней части электрофильтра.

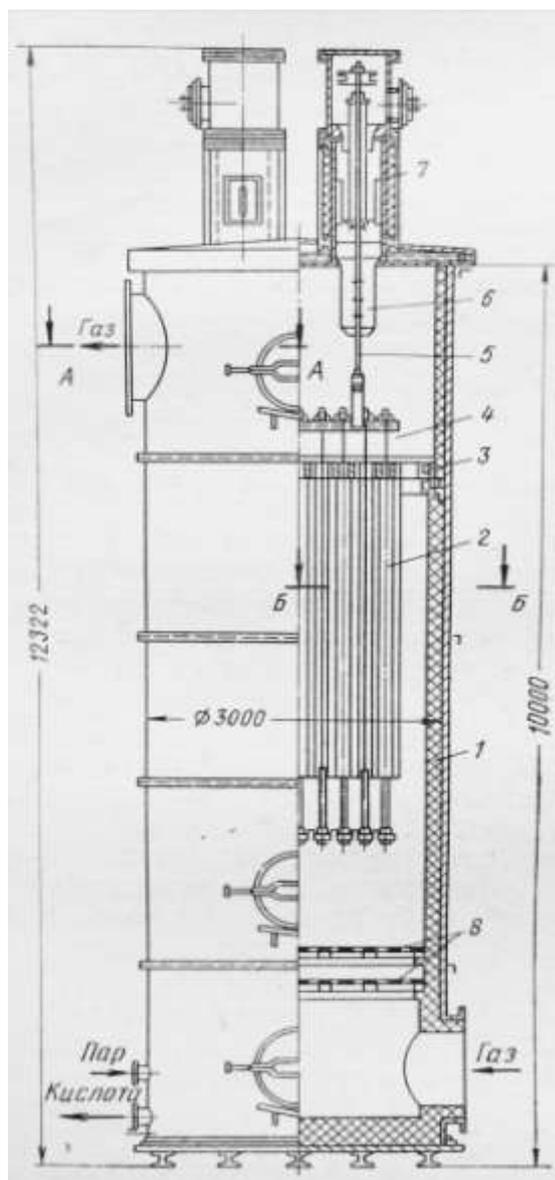


Рисунок 15 – Общий вид мокрого трубчатого электрофилтра ШМК

Волокнистые фильтры

Волокнистые фильтры типа ФВГ-Т предназначены для санитарной очистки аспирационного воздуха ванн хромирования, содержащего туман и брызги электролита в виде смеси хромовой (концентрацией до 250 г/л CrO_3) и серной (концентрацией до 2,5 г/л) кислот.

Внутри корпуса фильтра размещена кассета с фильтрующим материалом, наложенным на каркас и прижатым прижимной решеткой из пруткового материала. Кассеты изготовлены в виде вертикально расположенных складок.

Установка и смена кассет осуществляются через монтажный люк.

Фильтр работает в режиме накопления уловленного продукта на поверхности фильтрующего материала с частичным стоком жидкости. На достижении перепада давления 500 МПа фильтр подвергается периодической промывке (обычно 1 раз в 15–30 суток) с помощью переносной форсунки, вводимой через люк.

Условное обозначение типоразмера фильтра: Ф – фильтр; В – волокнистый; Г – для гальванических ванн; Т – титан (материал корпуса); цифры – площадь фильтрующей поверхности (м²); П – правое, Л – левое исполнение (для типоразмера ФВГ-Т-1,6); римская цифра – вариант исполнения.

HEPA и ULPA фильтры

Наиболее высокоэффективными фильтрами являются HEPA (High Efficient Particulate Air filters) и ULPA (Ultra Low Penetration Air filters) фильтры (с максимально возможной эффективностью очистки, которую можно реально проконтролировать – 99,999995 %). Основные требования, предъявляемые к группам высоко- и сверхвысокоэффективных HEPA и ULPA фильтров для очистки воздуха, а также к их материалам, установлены ГОСТ Р ЕН 1822-1-2010

Высокоэффективные фильтры, используемые в чистых помещениях, выполняют двойную функцию: они удаляют из воздуха мелкие частицы и в помещениях с однонаправленным потоком воздуха формируют воздушный поток.

В высокоэффективных кассетных фильтрах применяется укладка фильтрующего материала в виде V-образных блоков, представляющих собой гофрированную штору «гармошка». Известны два типа конструкций высокоэффективных фильтров – с глубокими или с мелкими гофрами. При использовании обоих типов обеспечивается большая площадь поверхности фильтрующего материала и его безопасное крепление в корпусе, не допускающее протечек неочищенного воздуха.

Обычно HEPA-фильтры с глубокими гофрами имеют размеры 0,6×0,6×0,3 м, номинальный расход воздуха 0,47 м³/с, максимальное давление 250 Па и площадь

фильтрующего материала от 15,9 до 25,5 м². Соотнеся объем расхода воздуха с площадью фильтрующего материала, получим значение скорости воздуха (при номинальном расходе) в диапазоне от 1,8 до 3,0 см/с. Эти величины являются определяющими, т.к. их изменение приводит к изменению показателя эффективности фильтрации. Следовательно, увеличение площади фильтрующего материала приводит к снижению перепада давлений на фильтре и повышению его эффективности.

Рукавные фильтры

За последние годы в нашей стране и в других странах разработаны новые конструкции промышленных воздушных фильтров-пылегазоуловителей, отличающихся улучшенными характеристиками.

Большим ресурсом и надежностью работы характеризуется рукавный фильтр-пылеуловитель (Пат. 2088308 РФ) с регенерирующим устройством. Схема представлена на рисунке 16. Фильтр-пылеуловитель состоит из корпуса 7 с входными 1 и выходными патрубками, фильтрующего рукава 8, вала 6 с щетками 2, закрепление которых по длине вала 6 выполнено по спирали так, что обеспечивается их равномерное по высоте прилегание к внутренней поверхности рукава 8. Запыленный воздушный поток через патрубок 1 поступает внутрь рукава 8, проходит через него, осаждая пыль на внутренней поверхности рукава 8. Очищенный воздух выходит через патрубок 3. После того, как внутренняя поверхность рукава 8 забьется частицами пыли, что определяется по перепаду давления на входе и выходе воздуха из фильтра-пылеуловителя, подачу запыленного воздуха прекращают и проводят регенерацию рукава 8.

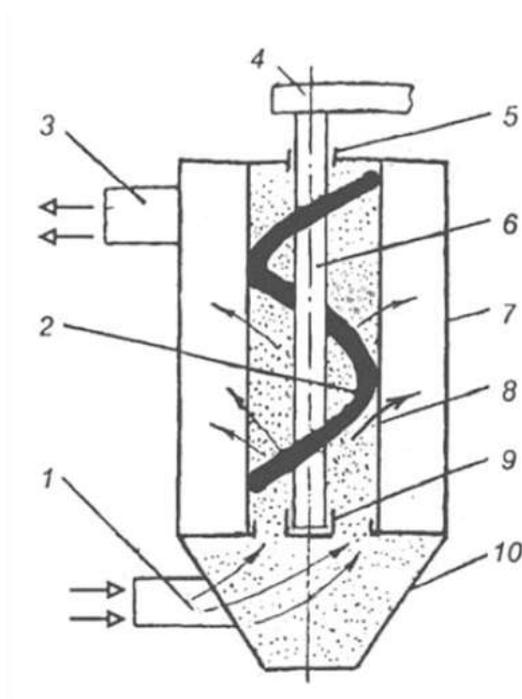


Рисунок 16 – Рукавный воздушный фильтр-пылеуловитель с регенерирующим устройством

На основе вязанного трикотажа в последнее время созданы бесшовные трубчатые фильтрующие рукава для очистки воздуха от пыли. Рукава обладают повышенной микропористостью, формоустойчивостью и работоспособностью, а также отличаются низким аэродинамическим сопротивлением. Рукава хорошо очищаются при обратной продувке. Степень регенерации после продувки составляет 94...97%. В качестве сырья для бесшовных рукавов используют полиэфирные нити.

Фирмой Tetrares PTFE Technologies Donaldson GmbH (Германия) разработана высокоэффективная установка для очистки запыленного воздуха, отводимого от технологического оборудования. Установка включает рукавный фильтр с рукавами из стеклоткани с покрытием политетрафторэтиленовыми пористыми мембранами, обеспечивающими высокую степень очистки технологического воздуха.

Фирма Headline Filters GmbH (Германия) выпускает воздушные фильтры-пылеуловители с фильтрующими перегородками из высокопрочного пористого

микростекловолокна. Фильтры обеспечивают пропускную способность по воздуху 2...700 м³/ч со степенью улавливания твердых частиц загрязнений до 99,9%.

Для воздушных фильтров-пылеуловителей фирмой Daikin Ind., Ltd (Япония) разработана гибкая пористая фильтрующая перегородка с высокой задерживающей способностью и малым аэродинамическим сопротивлением. Перегородка состоит из пористой пленки из политетрафторэтилена, армированной волокнами также из политетрафторэтилена.

Эффективен в работе вихрединамический воздушный фильтр-пылеуловитель (Пат.2102114 РФ), изображенный на рисунке 17, состоящий из цилиндрического корпуса 5 с впускным 1 и выпускным 7 патрубками, конуса 2, колец 3, фильтроэлементов 4 и трубы отвода 6. Кольца 3 имеют одинаковое поперечное сечение и установлены на одинаковом расстоянии друг от друга. Их диаметр уменьшается последовательно по мере приближения к выпускному патрубку 7.

Кольца 3 соединены между собой фильтроэлементами 4, каждый из которых состоит из металлической сетки 9 и закрепленного на ней керамического слоя, уменьшающего размер ячеек сетки с 30 до 10 мкм. Сетка 9 припаяна на концах к втулкам 8 и 10 [4, 8, 22, 26, 27].

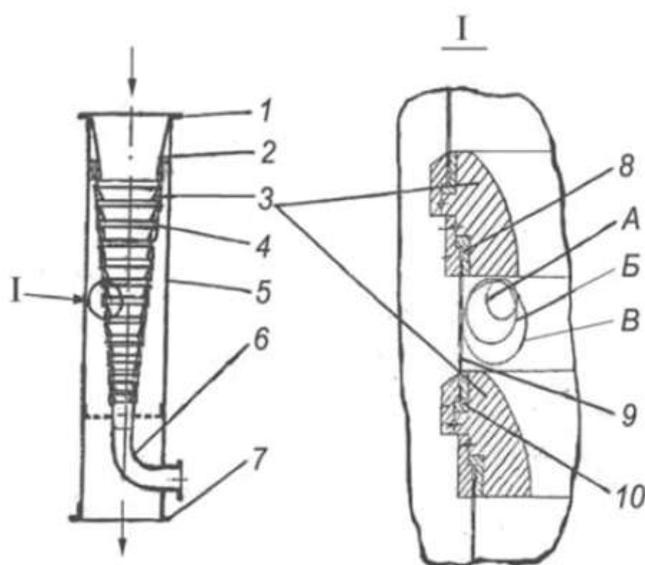


Рисунок 17 – Вихрединамический воздушный фильтр-пылеулавливатель

Вывод по разделу четыре

В разделе описаны общие принципы газоочистки, основные промышленные способы очистки газов туманоуловителями, мокрыми электрофильтрами, волокнистыми фильтрами, рукавными фильтрами. Описаны принципы действия газоочистных аппаратов.

5 СИСТЕМА УДАЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОГО ВОЗДУХА С ПОВЕРХНОСТИ ВАНН ХРОМИРОВАНИЯ И ОЧИСТКА ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

5.1 Расчет количества выделяемых в воздух веществ

Процесс – размерное хромирование в стандартном электролите с концентрациями веществ: хромовый ангидрид – 250 г/л, серная кислота – 2,5 г/л. Выход по току – 14 %. Толщина наносимого хромового покрытия – 50 мкм.

Выбранный режим хромирования для получения плотного покрытия высокой износостойкости: плотность тока – 50 А/дм², температура – 65 °С.

Деталь, на которую наносится покрытие: форма – цилиндр, габаритные размеры – 150×640 мм (диаметр×длина). Покрытие наносится только на наружную поверхность.

Площадь наружной поверхности детали:

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$

$$S_n = 2 \cdot \pi \cdot 75 \cdot 640 = 301593 \text{ мм}^2 = 0,3016 \text{ м}^2$$

Время в минутах, необходимое для получения хромового покрытия толщиной в 1 мкм при катодном выходе по току 14 % и плотности тока 50 А/дм² – 1,87 мин. Тогда для образования покрытия толщиной в 50 мкм необходимо время:

$$1,87 \cdot 50 = 93,5 \text{ мин}$$

Время, затрачиваемое на обработку одной детали – 96 мин.

Таким образом, за 8ми часовую смену обрабатывается 5 деталей.

Унос раствора (масса хромового ангидрида, выносимого в воздух, г/ч):

$$m = A \cdot V_s \cdot \delta \cdot c,$$

A – площадь обрабатываемой поверхности деталей (часовая программа), м²/ч;

V_s – удельный унос раствора, отнесенный к 1 м² площади обрабатываемых поверхностей и к 1 мкм толщины покрытия, л/(м²·мкм), (удельный унос раствора при декоративном и твердом хромировании равен 0,05);

δ – толщина покрытия, мкм;

c – концентрация вещества в растворе, г/л.

$$A = (0,3016/93,5) \cdot 60 = 0,1936 \text{ м}^2/\text{ч}$$

$$m = 0,1936 \cdot 0,05 \cdot 50 \cdot 250 = 121 \text{ г/ч}$$

Парообразование для открытых ванн (испарение воды), кг/ч:

$$m_b = 0,93 \cdot C_t \cdot D \cdot (c_1 - c_2) \cdot V^{0,9} \cdot b^{0,1} \cdot \psi^{-0,9} \cdot A,$$

где C_t – коэффициент диффузии пара в воздух, м²/ч;

c_1 и c_2 – концентрация паров рассматриваемого вещества на поверхности раствора и в воздухе помещения, кг/м³;

V – расход воздуха, м³/ч (рассчитано в п. 5.2);

b – ширина ванны, м;

ψ – пространственный угол подтекания воздуха к щели (для данного случая $\psi = 1,5\pi$), рад.

$$m = 0,93 \cdot 0,48 \cdot 0,10556 \cdot (0,094 - 0) \cdot 400^{0,9} \cdot 0,25^{0,1} \cdot (1,5\pi)^{-0,9} \cdot 0,25 = 0,0529 \text{ кг/ч} = 52,9 \text{ г/ч}$$

Выделение водорода при электролизе, объем водорода приведенный к нормальным условиям, л/ч:

$$V_{\text{н}} = V_3 \cdot E_s \cdot A \cdot \delta \cdot (1 - C_1 - C_2),$$

V_3 – электрохимический эквивалент водорода, равный 0,418 л/(А·ч);

E_s – удельный расход электричества, А·ч/(м²·мкм);

C_1 – коэффициент, учитывающий выход по току основного вещества;

C_2 – коэффициент, учитывающий потери на процесс катодно-анодного перехода.

$$V_{\text{н}} = 0,418 \cdot 21,9 \cdot 0,1936 \cdot 50 \cdot (1 - 0,14 - 0,04) = 72,7 \text{ л/ч}$$

5.2 Расчет количества улавливаемого воздуха с поверхности ванн

Параметры ванны:

- Длина 1000 см
- Ширина 25 см
- Высота 20 см
- Объем 50 л
- Площадь поверхности 2500 см²

Для данных условий протекания технологического процесса применяем укрытие неограниченной плоской струей, совмещенное с щелевым отсосом [18].

Начальную ширину приточной щели берем $b_1 = 0,01$ м.

$b_1/V = 0,01/0,25 = 0,04$ м, где V – ширина ванны.

По соотношению b_1/V находим величину V/h .

$V/h = 1,5$ (при 0° наклона)

$h = B/1,5 = 25/1,5 = 16,7$ – высота расположения приточной щели.

Объем приточного воздуха, м³/ч:

$$V_1 = 1332 \cdot v_{\min} \cdot (B \cdot b_1)^{0,5} \cdot l,$$

где v_{\min} – минимальная скорость (м/с) на оси свободной струи в сечении, находящемся на расстоянии от приточной щели; l – длина ванны.

$$v_{\min} = C_t \cdot (h/B)^{1/3},$$

где C_t – коэффициент, зависящий от температуры жидкости в ванне t_{liq} ; для данного процесса $t_{\text{liq}} = 65$ °С, тогда $C_t = 2,5$.

$$v_{\min} = 2,5 \cdot (2/3)^{1/3} = 2,184 \text{ м/с}$$

$$V_1 = 1332 \cdot 2,184 \cdot (0,25 \cdot 0,01)^{0,5} \cdot 1 = 145,46 \approx 145,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Объем отсасываемого воздуха, м³/ч

$$V_2 = V_1 \cdot (0,6 + 0,32 \cdot \sqrt{B/b_1}) = 145,5 \cdot (0,6 + 0,32 \cdot \sqrt{0,25/0,01}) = 320,1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Принимаем с запасом 25% : $V_2 = 400 \text{ м}^3/\text{ч}$

Скорость воздуха во всасывающем отверстии, м/с

$$v_2 = 2 \cdot v_{\min} = 2 \cdot 2,184 = 4,368 \approx 4,4 \text{ м/с}$$

Доля водорода в вытяжном воздухе:

Объем выделяющегося водорода: $72,7 \text{ л/ч} = 0,073 \text{ м}^3/\text{ч}$

$$v = 0,073 \cdot (100/320,1) = 0,0228 \%$$

что меньше допустимого содержания ($4,09/1,24 = 3,3\%$).

Таким образом, за один час работы удаляется 400 м^3 воздуха, содержащий $0,0228 \%$ водорода, $52,9 \text{ г}$ воды и 121 г хромового ангидрида, то есть концентрация паров хромового ангидрида в объеме удаляемого воздуха составляет 378 мг/м^3 .

5.3 Выбор и описание оборудования для очистки воздуха

Для эффективного обезвреживания воздушной среды помещений необходимо создание 2-х ступенчатой системы очистки воздуха от паров хромового ангидрида.

Первая ступень очистки заключается в пропускании воздуха через два каплеуловителя производства ООО «УралАктив», которые подходят для улавливания взвешенных туманов и капель жидкости. Благодаря изгибам профиля, установленного в конструкции каплеуловителя, капли влаги ударяются о поверхность профиля, оседают на поверхности и скатываются вниз. Каплеуловители устанавливаются последовательно друг за другом, первый с интервалом (L) между профилями 25 мм , затем второй с интервалом 20 мм . Профиль может быть выполнен из полипропилена или из поливинилхлорида и использоваться при скорости входящего потока от 2 до 6 м/с . Сопротивление установки составляет $300 \dots 450 \text{ Па}$ в зависимости от расхода воздуха. Внешний вид и эскиз каплеуловителя, способ соединения профилей представлены на рисунках 18, 19 и 20.

Технические характеристики выбранного аппарата:

Диаметр $D_n = 160 \text{ мм}$

Расход $Q = 800 \dots 1199 \text{ м}^3/\text{ч}$

Длина $L = 1040 \text{ мм}$

Высота $H = 635 \text{ мм}$

Масса $m = 21 \text{ кг}$

Эффективность очистки 99,8%

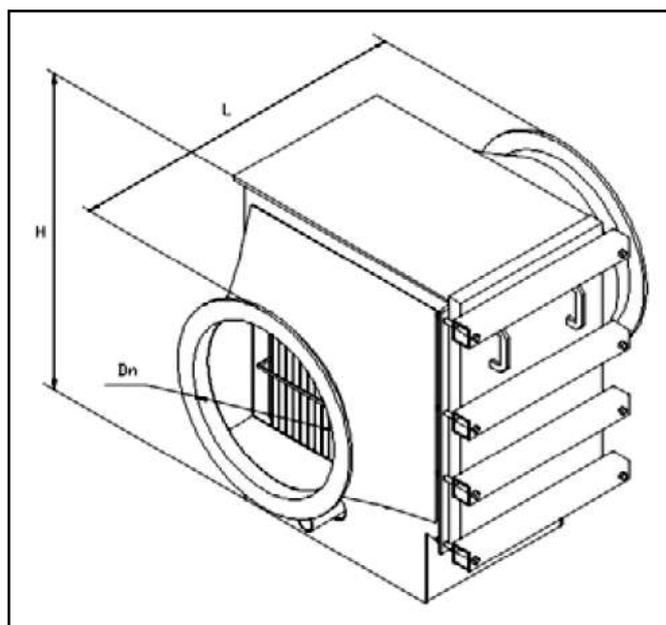


Рисунок 18 – Эскиз каплеуловителя



Рисунок 19 – Внешний вид каплеуловителя

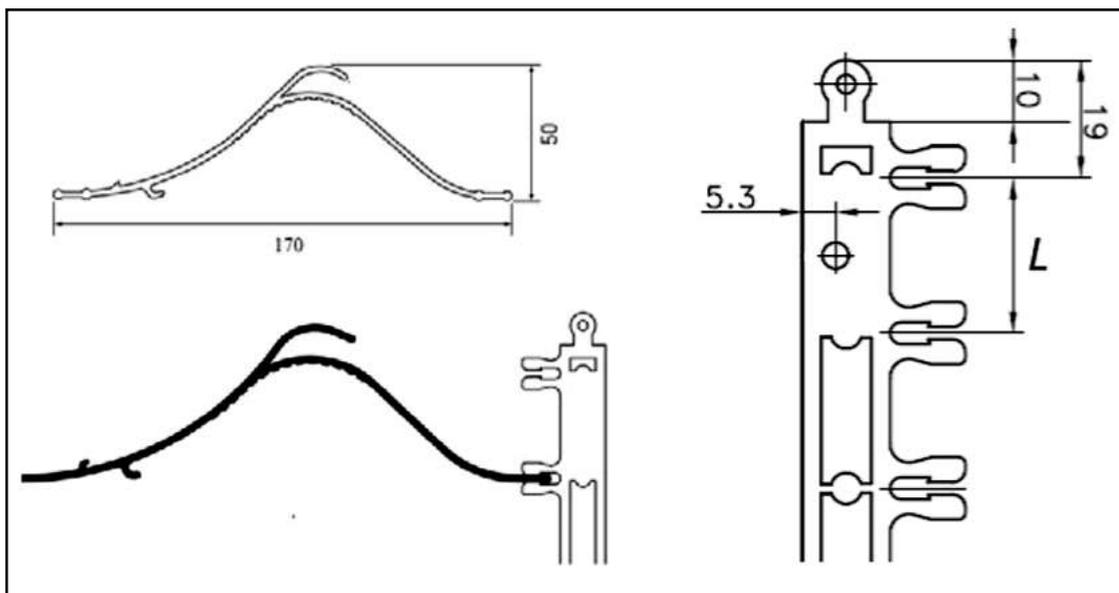


Рисунок 20 – Соединение профилей каплеуловителя

Второй ступенью очистки является подача предварительно очищенного на первой ступени воздуха на канальный фильтр круглого сечения карманного типа ФВК-250 производства компании «Лиссант» для тонкой очистки от хромового ангидрида. Фильтр ФВК состоит из корпуса и фильтрующего элемента (карманная фильтр-кассета). Корпус изготавливается из оцинкованной стали; крышка крепится у корпусу простыми защелками. Корпус фильтра снабжен круглыми патрубками для подсоединения воздухопроводов или компонентов вентиляционной системы. Фильтрующий материал изготовлен из высококачественного синтетического фильтроматериала, разделен в виде карманов на отдельные каналы, термически спаянные, что обеспечивает полную герметичность. Внешний вид кассеты фильтра представлен на рисунке 21. Фильтры могут эксплуатироваться при температуре рабочей среды от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Изготавливаются по ТУ 4863-033-15185548-2004. Внешний вид и эскиз фильтра представлены на рисунке 22 и 23.

Технические характеристики выбранного фильтра:

Фильтр-кассета:

Высота 290 мм

Ширина 290 мм

Глубина 410 мм

Количество карманов 6

Класс очистки EU5/F5 для аэрозолей химических производств

Эффективность очистки 85%

Производительность 840...960 м³/ч

Размеры фильтра:

Диаметр патрубка $d = 250$ мм

Ширина короба $B = 294$ мм

Высота короба $H = 297$ мм

Длина короба $C = 500$ мм

Общая длина $L = 558$ мм



Рисунок 21 – Внешний вид кассет фильтра

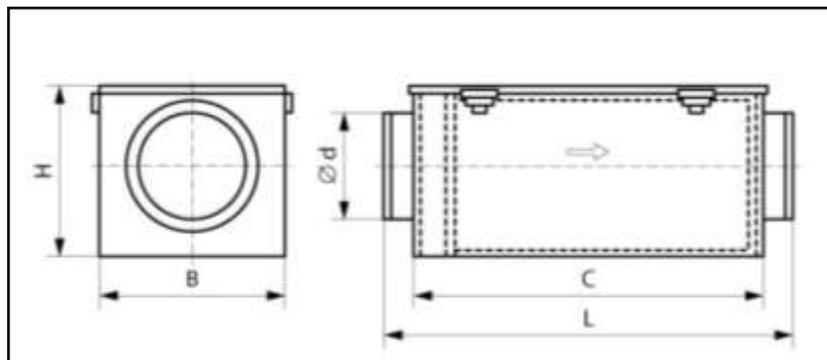


Рисунок 22 – Эскиз фильтра ФВК



Рисунок 23 – Внешний вид фильтра ФВК

Обеспечение вентиляции производится установкой радиального вентилятора РВНД-Л-164 производства ООО «УралАктив».



Рисунок 24 – Внешний вид вентилятора РВНД-Л-164

Технические характеристики:

Производительность 280...800 м³/ч.

Установочная мощность 0,18 кВт.

Частота вращения РК 1500 об/мин

Материал: полипропилен

Эффективность очистки воздуха:

Загрязнение воздуха после первой ступени очистки составляет 0,2%, то есть концентрация паров хромового ангидрида в объеме удаляемого воздуха будет составлять $0,001542 \text{ мг/м}^3$; после второй ступени очистки – $0,00023 \text{ мг/м}^3$.

Конечная концентрация хромового ангидрида в воздухе, выводимого через трубопровод в атмосферу, не превышает установленного ПДК для рабочей зоны предприятия – $0,01 \text{ мг/м}^3$, а также не превышает ПДК для атмосферного воздуха населенных пунктов: максимально разовую – $0,0015 \text{ мг/м}^3$ и среднесуточную – $0,0015 \text{ мг/м}^3$.

Размещение комплектующих системы производится по аппаратно-технологической схеме на рисунке 25.

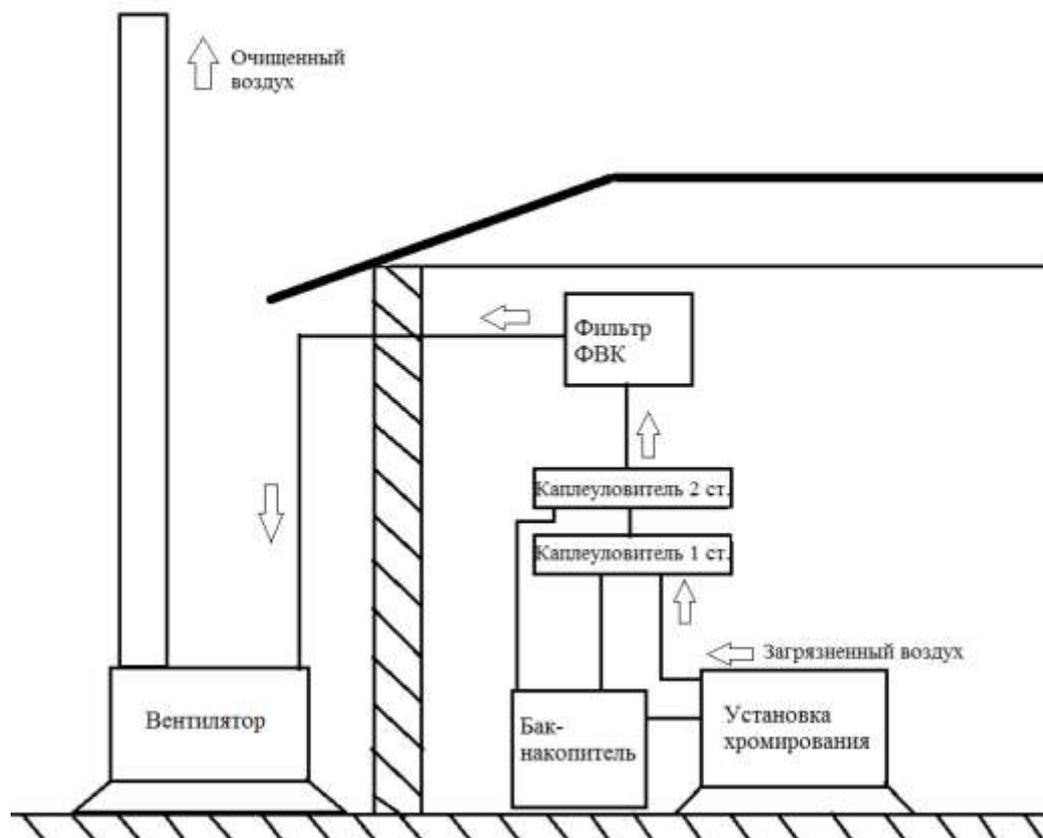


Рисунок 25 – Аппаратно-технологическая схема очистки отходящих газов.

Каплеуловители соединяются патрубками с баком-накопителем для сбора сконденсированной жидкости, которая затем возвращается в ванну с электролитом.

Вентилятор расположен снаружи для возможности вывода очищенного воздуха в атмосферу через трубу. Длина трубы подбирается таким образом, чтобы ее край был выше уровня крыши на 1 м [7, 20].

Вывод по разделу пять

В разделе получены данные по расчету выделяемых в воздух веществ (водорода 72,7 л/ч, воды 52,9 г/ч и хромового ангидрида 121 г/ч) и объем улавливаемого воздуха с поверхности ванн (400 м³/ч). Также было подобрано оборудование для очистки воздуха, составлена технологическая схема.

6 РАСЧЕТ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ ВОЗДУХООЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Технологический режим хромирования позволяет выпускать 5 деталей за один восьмичасовой рабочий день. Себестоимость одной детали – 225\$, цена готового продукта – 250\$.

Прибыль составит 165637,5 руб. за месяц (в среднем 21 рабочий день) при курсе доллара США – 63,1 руб.

Стоимость технологическое оборудования, необходимого для оснащения системы очистки воздушной среды, представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Стоимость оборудования

Наименование	Стоимость, в руб.
Каплеуловитель, 1 шт	25000
Фильтр ФВК, 1 шт	3425
Сменные фильтры, 24 шт	37440
Вентилятор, 1 шт	82080
Бортовой отсос, 1 шт	3892
Воздуховоды , 10 м	16550
Дополнительные комплектующие	6280
Итого	174667

Монтаж комплектующих системы рассчитываем как 10-25% от суммы затрат на приобретение технологического оборудования – 12600 руб.

Доставка (транспортные расходы) рассчитывается как от суммы затрат на приобретение технологического оборудования 7% – 6000 руб.

Общий итог по затратам – 193267 руб.

Таким образом, приобретенное оборудование окупится за 1 месяц и 4 дня [1].

Амортизацию оборудования рассчитываем линейным способом:

$A = P_{\text{ст}} \times H_a / 100\%$, где $P_{\text{ст}}$ – первоначальная стоимость, H_a – норма амортизации.

$H_a = (1 / n) \times 100\%$, где n – срок использования оборудования.

$H_a = (1 / 5) \times 100\% = 20\%$

$A = 174667 \times 20\% / 100\% = 34933,4$ руб.

Вывод по разделу семь

В разделе рассчитан срок окупаемости воздухоочистного оборудования, которых составил 1 месяц и 4 дня. Также была рассчитана амортизация оборудования за срок 5 лет и составила 34933,4 руб.

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА НА ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Гальваническое производство и охрана труда.

В условиях научно-технического прогресса развитие гальванического производства сопровождается повышением производственных мощностей, интенсификацией технологических процессов, использованием более высокопараметрических физических и химических процессов, ростом разнообразия химических реагентов, что усложняет решение проблемы безопасности труда.

Все многообразные опасные и вредные факторы гальванического производства по природе воздействия на человека можно свести в три основные группы (ГОСТ 12.0.003–74): физические (движущиеся части и оборудование, параметры микроклимата, шум, ультразвук, вибрация, пожаровзрывобезопасность), химические (вредные токсичные вещества в различном агрегатном состоянии), психофизиологические (физические и нервно-психические нагрузки, рабочая поза, темп и ритм труда). Каждый фактор в зависимости от интенсивности и условий воздействия может быть опасным или вредным, приводящим соответственно к травматизму или профессиональному заболеванию. Состояние условий труда характеризуется величиной отклонения количественных характеристик каждого фактора от нормативных требований. Максимальные значения факторов рабочей среды, при которых выполняются указанные требования (предельно допустимые уровни (ПДУ) и предельно допустимые концентрации (ПДК)), приведены в соответствующих стандартах ССБТ.

К наиболее важным и часто встречающимся в гальваническом производстве физическим факторам относятся параметры микроклимата и акустико-механические колебания.

Параметры микроклимата гальванических цехов (допустимое сочетание температуры, влажности, скорости движения воздуха) регламентируются ГОСТ 12.1.005-88.

Особенности микроклимата гальванических производств обусловлены технологическими процессами, протекающими в больших объемах воды со значительной открытой поверхностью испарения. К ним относятся: значительные перепады температур по высоте рабочей зоны (2м) в холодное время года, повышенная до 75...80 % относительная влажность воздуха, повышенные до 1,5 м/с скорости движения воздуха при нарушениях режима работы вентиляционных систем.

В гальваническом производстве имеется ряд источников акустических и механических колебаний с широким спектром частот и уровней звукового давления, превышающим ПДУ ультразвука (по ГОСТ 12.1.001-83), шума (по ГОСТ 12.1.003-3), вибрации (по ГОСТ 12.1.012-78).

Источником шумового загрязнения среды и вибрации являются механические шумы, возникающие при соударении, трении деталей машин и механизмов, аэрогидродинамические шумы при движении газовых потоков в вентиляционной системе, жидкости при кавитационных процессах, электромагнитные шумы в электрических машинах при взаимодействии магнитных полей с ферромагнитными массами.

Воздействие шума на организм человека отличается многообразием проявления неблагоприятного влияния на центральную нервную, сердечно-сосудистую и пищеварительную системы. Шум, как общебиологический раздражитель, быстро утомляет работающих, снижает работоспособность, производительность труда, тормозит реакции на опасные ситуации. При систематическом воздействии вызывает необратимые органические поражения слухового нерва – тугоухость.

Общая вибрация вызывает деформацию органов и тканей человека, сопровождается изменением функционального состояния организма, приводит к

патологическим изменениям нервно-мышечного, опорно-двигательного аппарата, сосудистым расстройствам – вибрационной болезни. Местная вибрация приводит к болезненным изменениям рук (симптом «мертвого пальца»).

Общее воздействие ультразвука. Имеет много общего с воздействием высокочастотного шума. Особенность проявляется в чрезмерном повышении утомляемости, раздражительности, головокружении. Локальное воздействие ультразвука (аналогично вибрации) приводит к поражению периферического нервного и сосудистого аппарата пальцев, кистей рук и предплечья.

Особенно вредно комбинированное (одновременное) воздействие шума, ультразвука и вибрации.

Борьба с ультразвуком (ГОСТ 12.1.001–83), шумом (ГОСТ 12.1.003–83), вибрацией (ГОСТ 12.1.012–78) ,и защита от них достигаются проведением следующих мероприятий:

- Ослаблением этих факторов в источнике возникновения (замена ударных взаимодействий безударными; возвратно поступательных – вращательными; демпфированием и использованием менее звучных движущихся деталей; улучшением аэрогидродинамического обтекания и т. д.);
- Снижением факторов по пути распространения (строительно-акустические, объемно-планировочные мероприятия по размещению виброакустического оборудования в отдельных, удаленных, изолированных помещениях; использование звуко- и вибропоглощающих и изолирующих материалов и экранов и т.д.);
- Автоматизацией и дистанционным управлением;
- Индивидуальной защитой в тех случаях, когда технические средства не позволяют снизить уровень шума и вибрации по ПДУ.

Отличительная особенность технологии гальванопокрытия связана с насыщенностью разнообразными химическими веществами. Многие химические вещества оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека, вызывая

нарушения его нормальных функций различной тяжести. Последствия опасны для здоровья, в некоторых случаях и для жизни.

Методы борьбы с токсичными промышленными веществами в гальванических цехах должны быть отображены в стандартах предприятий по безопасности труда (СТП) согласно ССБТ (ГОСТ 12.1.007–76). При производстве, применении и хранении вредных веществ предусматривает следующий комплекс мероприятий:

- замену вредных веществ в производстве наименее вредными, сухих способов переработки пылящих материалов – мокрыми;
- ограничение содержания примесей вредных веществ в исходных и конечных продуктах;
- применение прогрессивной технологии производства (замкнутый цикл, автоматизация, комплексная механизация, дистанционное управление, непрерывность процессов производства, автоматический контроль процессов и операций), исключающей контакт человека с вредными веществами;
- выбор соответствующего производственного оборудования и коммуникаций, не допускающих выделения вредных веществ в воздух, рабочей зоны, в количествах, превышающих ПДК при нормальном ведении технологического процесса, а также правильную эксплуатацию санитарно-технического оборудования и устройств (отопления, вентиляции, водопровода, канализации);
- рациональную планировку промышленных площадок, зданий, помещений;
- применение специальных систем по улавливанию и утилизации абгазов, рекуперацию вредных веществ и очистку от них технологических выбросов, нейтрализацию отходов производства, промывочных и сточных вод;
- применение средств дегазации, активных и пассивных средств взрывозащиты и взрывоподавления;
- контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны;

- включение в стандарты или технические условия на сырье, продукты и материалы технологических регламентов токсикологических характеристик вредных веществ;
- применение средств индивидуальной защиты работающих;
- специальную подготовку и инструктажи обслуживающего персонала;
- проведение предварительных и периодических медицинских осмотров лиц, имеющих контакт с вредными веществами.

Пожарная безопасность гальванического производства обеспечивается системами предотвращения пожаров и пожарной защиты (ГОСТ 12.1.004–76), взрывобезопасность – мерами взрывопредупреждения и взрывозащиты (ГОСТ 12.1.010–76) [12, 15–17, 26].

Выводы по разделу семь

В разделе описаны основные опасные и вредные факторы, влияющие на условия труда в гальваническом цехе, и отражены мероприятия по защите персонала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы проведен теоретический расчет системы удаления воздуха с поверхности ванн хромирования, произведен подбор технологического оборудования для удаления и очистки загрязненного воздуха аэрозолями хромового ангидрида. Составлена технологическая схема воздухоочистки гальванического производства. Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Альперт, Л.З. Основы проектирования химических установок: учебное пособие / Л.З. Альперт. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1989. 304 с.
- 2 Балабеков, О.С. Очистка газов в химической промышленности. Процессы и аппараты: учебник / О.С. Балабеков, Л.Ш. Балтабаев. – М.: Химия, 1991. – 256 с.
- 3 Белый, О.А. Экология промышленного производства: учебное пособие / О.А. Белый, Б.М. Немененок. – Минск: БНТУ, 2016. – 345 с.
- 4 Биргер, М.И. Электрофильтры в цветной металлургии: учебник / М.И. Биргер, А.Е. Гончаров, А.А. Гурвиц. – М.: Металлургия, 1982. – 136 с.
- 5 Богорад, Л.Я. Хромирование: информационная брошюра / Л.Я. Богорад. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1985. – 97 с.
- 6 Буренин, В.В. Очистка воздуха от производственной пыли, токсичных паров и газов с помощью фильтров-пылегазоуловителей / В.В. Буренин // Экология и промышленность России. – 2008. – №9. – С. 7-11.
- 7 Вентиляция полипропиленовая. – <http://www.uralactiv.ru/ventilyatsiya-polipropilenovaya/>.
- 8 Ветошкин, А.Г. Процессы и аппараты газоочистки: учебное пособие / А.Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2006. – 201 с.
- 9 Виноградов, С.С. Организация гальванического производства: оборудование, расчёт производства, нормирование / С.С. Виноградов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Глобус, 2005. – 240 с.
- 10 Виноградов, С.С. Экологически безопасное гальваническое производство: справочник / С.С. Виноградов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Глобус, 2002. – 352 с.
- 11 Гальванические покрытия в машиностроении: справочник: в 2 т. / под ред. М.А. Шлугера, – М.: Машиностроение, 1985 – Т.1. – 240 с.
- 12 Гальванические покрытия в машиностроении: справочник: в 2 т. / под ред. М.А. Шлугера, Л.Д.Тока, – М.: Машиностроение, 1985 – Т.2. – 248 с.

- 13 Гальванотехника: справочник / Ф.Ф. Ажогин, М.А. Беленький, И.Е. Галль и др. – М.: Металлургия, 1987. – 736 с.
- 14 Гордон, Г.М. Пылеулавливание и очистка газов в цветной металлургии: учебник / Г.М. Гордон, Л.М. Пейсахов. – М.: Металургия, 1977. – 456 с.
- 15 ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.
- 16 ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартиформ, 2008.
- 17 ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2007.
- 18 Елинский, И.И. Вентиляция и отопление гальванических цехов машиностроительных предприятий: производственное издание / И.И. Елинский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 152 с.
- 19 Истомина, Н.В. Оборудование электрохимических производств: учебное пособие / Н.В. Истомина, Н.Г. Сосновская, Е.Н. Ковалюк. – 2-е изд. перераб. и доп. – Ангарск: АГТА, 2010. – 100 с.
- 20 Каталог продукции Лиссант. – http://lissant.nt-rt.ru/?utm_expid=171579540-118.dLhnD-DcT4mC3DlGYSGWZw.0&utm_referrer=http%3A%2F%2Flissant.nt-rt.ru%2F#Каталог_продукции_ЛИССАНТ.
- 21 Малькевич, Н.Г. Технические основы охраны окружающей среды: учебно-методическое пособие / Н.Г. Малькевич. – Минск: БНТУ, 2016 – 1103 с.
- 22 Маркелова, Н.П. Анализ технологии высокоэффективной фильтрации воздуха и ключевых особенностей ее обеспечения / Н.П. Маркелова, Г.М. Кадомцев, С.И. Черняев // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – №3. – С. 263-267.

23 Окулов, И.Б. Гальванические покрытия: учебное пособие / И.Б. Окулов, Б.М. Шубин. – Москва-Свердловск: Машгиз, 1962. – 176 с.

24 Плохов, В.А. Оборудование и основы проектирования гальванических производств: учебное пособие / В.А. Плохов. – Н.Новгород: Нижегород. гос. техн.ун-т, 2015. – 87 с.

25 СанПиН 2.2.4.548-96. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: санитарные правила и нормы: утв. 01.10.1996. – М.: Минздрав России. – 1997. – 12 с.

26 Серебряный, Л.А. Безопасность труда при нанесении гальванических покрытий / Л.А. Серебряный. – М.:Машиностроение, 1980. – 70 с.

27 Ужов, В.Н. Очистка промышленных газов электрофильтрами: учебник / В.Н. Ужов. – М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1962. – 300 с.

28 Хранилов, Ю.П. Экология и гальванотехника: проблемы и решения: учебное пособие / Ю.П. Хранилов. – Киров: изд. ВятГУ, 2000. – 97 с.

29 Чуракова, С.К. Внедрение перекрестноточных каплеуловителей с целью интенсификации работы массообменных аппаратов/ С.К. Чуракова, К.Ф. Богатых, Г.М. Сидоров // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2013. – №6. – С. 7–11.

30 Юшин, В.В. Техника и технология защиты воздушной среды: учебник / В.В. Юшин. – М.: Высшая школа, 2005. – 391 с.