МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

Институт технических систем, сервиса и энергетики

Кафедра **"Безопасность технологических процессов и производств"**

Направление подготовки
20.03.01 - Техносферная безопасность
(код и наименование)

Профиль подготовки **Безопасность технологических процессов и производств**
(наименование профиля)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

_____

_____

Допустить к защите

Заведующая кафедрой **Овчаренко М.С.**

_____ 20 ___ г.

Выполнил
(фамилия, имя, отчество полностью, подпись, дата)

Руководитель
(ученая степень, звание, фмилия, инициалы, подпись, дата)

Рецензент
(ученая степень, звание, фмилия, инициалы, подпись, дата)

Санкт-Петербург 2016

Оглавление

Введение

1. Современные проблемы чистых помещений

1.1. Общие сведения о ЧПП

1.2. Особенности систем кондиционирования и фильтрации воздуха в ЧПП

1.3 Основные процессы микроэлектроники(МЭ), осуществляемые в ЧПП

2. Химические факторы производственной среды в ЧПП

2.1. Нормирование содержания вредных веществ в воздухе

2.2. Выделение вредных веществ на операции фотолитографии

2.3. Выделение вредных веществ на операции химических воздействий на человека

2.4.Особенности воздействия малых химических доз на организм человека

2.5.Методы контроля и состояния воздуха в производственных помещениях

3. Фильтры для очистки воздуха от вредных примесей

3.1. Классификация фильтров по очистки химически вредных веществ

3.2. Преимущества и возможности применения фильтров в ЧПП

3.3.Вертикальноионитно-угольный фильтр ВУФ

3.4. Расчет вертикально ионитно-угольного фильтра ВУФ

4. Инженерная часть

Заключение

Список использованной литературы

Введение

На всех предприятиях создаются здоровые и безопасные условия труда, устанавливаются правовые основы регулирования отношений в области охраны труда между работодателем и работниками, а также создаются условия труда, соответствующие требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Обеспечение здоровых и безопасных условий труда возлагается на отдел по охране труда предприятия. Отдел охраны труда обязан внедрять современные средства техники безопасности, предупреждающие производственный травматизм и обеспечивать санитарно-гигиенические условия, предотвращающие возникновение профессиональных заболеваний работников.

В тоже время, обеспечение требуемого уровня чистоты на производстве является залогом обеспечения высоких производственных показателей.

В России стандарты проектирования, строительства и эксплуатации чистых производственных помещений (ЧПП) регламентирует ГОСТ Р ИСО 14644. На данный момент существует пять частей данного ГОСТа, каждая из которых определяет жесткие требования выполнения той или иной стадии проектирования строительства или эксплуатации ЧПП:

Часть 1 (ГОСТ Р ИСО 14644-1-2000) — Классификация чистоты воздуха.

Часть 2 (ГОСТ Р ИСО 14644-2-2001) — Требования к контролю и мониторингу для подтверждения постоянного соответствия.

Часть 3 (ГОСТ Р ИСО 14644-3-2007) — Методы испытаний.

Часть 4 (ГОСТ Р ИСО 14644-4-2002) — Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию.

Часть 5 (ГОСТ Р ИСО 14644-5-2005) — Эксплуатация.

Актуальность темы обусловлена тем, что обеспечение требуемого уровня чистоты в чистых производственных помещениях является не только залогом роста производительности, но и снижением производственного травматизма.

Цель работы - провести анализ обеспечения безопасности в чистых производственных помещениях.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть современные проблемы чистых помещений.

2. Определить химические факторы производственной среды в ЧПП.

3. Провести анализ фильтров для очистки воздуха от вредных примесей.

4. Произвести расчет вертикально ионитно-угольного фильтра ВУФ.

Объект исследования – безопасность на производстве.

Предмет исследования - обеспечение безопасности в чистых производственных помещениях (ЧПП).

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав, заключения.

В первой главе работы представлены Современные проблемы чистых помещений: здесь рассматриваются общие сведения о ЧПП; изучены особенности систем кондиционирования и фильтрации воздуха в ЧПП; перечислены основные процессы микроэлектроники(МЭ), осуществляемые в ЧПП.

Вторая глава содержит анализ химических факторов производственной среды в ЧПП: в главе проводится анализ нормирования содержания вредных веществ в воздухе; рассмотрено выделение вредных веществ на операции фотолитографии; произведен анализ выделения вредных веществ на операции химических воздействий на человека; также рассматриваются особенности воздействия малых химических доз на организм человека и методы контроля и состояния воздуха в производственных помещениях.

Третья глава работы содержит анализ фильтров для очистки воздуха от вредных примесей: в главе представлена классификация фильтров по очистки химически вредных веществ; произведен анализ преимуществ и возможностей применения фильтров в ЧПП; осуществлен расчет вертикально ионитно-угольного фильтра ВУФ.

В заключении содержатся общие выводы по работе.

Практическая значимость работы характеризуется возможностью использования представленной информации и произведенных расчетов на реальном производстве.

1. Современные проблемы чистых помещений

Для решения проблем чистых помещений техническая комиссия ИСО/ТС 209 подготовила международный стандарт ИСО 14644 “Clean room sand associated controlled environments” (Чистые помещения и связанные с ними контролируемые окружающие среды), который включает следующие части :

Часть 1: Классификация чистоты воздуха

Часть 2: Спецификация на испытания и контроль для текущей проверки на соответствие с ИСО 14644-1

Часть 3: Метрология и методы тестирования

Часть 4: Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию

Часть5: Эксплуатация

Часть 6: Понятия и определения

Часть 7: Расширенное техническое оборудование для чистых помещений

Стандарт предназначен для чистых помещений и связанных с ними контролируемых окружающих сред, которые предоставляют регулирование контаминации аэрозольными частицами в таких отраслях, как авиационная и космическая промышленность, микроэлектроника, фармацевтическая промышленность, промышленность медицинской техники, пищевая промышленность и система здравоохранения.[1]

1.1. Общие сведения о ЧПП

В наши дни чистые помещения прочно вошли в жизнь человека. Без них немыслимо производство микроэлектронных схем, современное приборостроение и точная механика, изготовление лекарственных средств, во многих случаях эффективное лечение больных, приготовление пищевых продуктов и т.д.

Нельзя выбрать хорошее изделие из плохой партии. Нужно так построить технологию и организацию производства, чтобы невозможно было выпустить продукцию низкого качества и надежности. Это принципиальная основа современного подхода к обеспечению качества. Важной частью его является технология чистоты.

Издавна известно, что чистота и порядок, культура и гигиена производства положительно влияют на качество продукции, а во многих случаях являются обязательными условиями производства. В наше время актуальность создания чистых условий и применения чистых технологий резко возросла.

В XX веке началось широкое применение систем вентиляции и кондиционирования воздуха в медицинских учреждениях и в промышленности, в местах большого скопления людей и в специальных условиях, например, на кораблях и подводных лодках. С появлением чистых помещений был сделан принципиальный шаг вперед: число частиц в единице объема воздуха этих помещений не должно превышать определенных значений, причем размеры частиц, как правило, выбираются в пределах 0,1-5,0 мкм. Это требует особой классификации чистоты воздуха, методов создания и эксплуатации чистых помещений.[2]

Рассмотрим основные элементы, которые обеспечивают подготовку и подачу очищенного воздуха в чистые зоны. Эти функции выполняют кондиционеры приточного воздуха. Кондиционеры снабжены фильтрами нескольких ступеней. На первой ступени производится очистка воздуха от микрочастиц и микроорганизмов фильтрами первой ступени класса G4/FS и на второй ступени – фильтрами класса F7 – F9.

Регулирование и установка температурных параметров воздуха, т.е. нагрев и охлаждение в приточных установках осуществляется с использованием холодильных машин прямого испарения или чиллеров, которые являются теплообменниками приточной установки.

Кондиционеры могут быть двух типов: приточно-вытяжными и приточно-рециркуляционными, в этом случае отработанный воздух частично поступает в кондиционер. Кондиционеры второго типа наиболее экономичные, но более дорогостоящие, чем, приточно-вытяжные.

Центральные кондиционеры для промышленности выполнены в герметичном исполнении в соответствии с требованиями европейских стандартов DIN 1946-4. Размещение центральных кондиционеров в помещении показано на рис. 1.



Рис. 1. Размещение центральных кондиционеров в помещении

Забор воздуха из чистых зон производится вытяжными системами через вентиляционные решетки. При этом воздух проходит очистку и обеззараживание и частично выбрасывается в атмосферу.

Очень важным для создания чистых зон является оборудование, обеспечивающее дополнительную очистку воздуха в критических зонах – фильтровентиляционные модули.[3]

1.2. Особенности систем кондиционирования и фильтрации воздуха в ЧПП

Рециркуляция воздуха представляет собой смешивание наружного воздуха с воздухом помещения и подачи в помещение данной смеси (СниП 41-01-2003). Иными словами такой процесс является повторным применением отработанного внутреннего воздуха.[4]

Наиболее универсальной и легко управляемой является система рециркуляции, использующая выход воздуха из помещения через пол. Если под фальшполом существует достаточное пространство, то там идеально расположить системы распределения, подавая все необходимое для функционирования технологического оборудования снизу. Рециркуляция воздуха через пол обладает следующими преимуществами:

• На пути воздушного потока маловероятно появление преград. При организации рециркуляции воздуха через нижнюю часть стен мебель и технологическое оборудование всегда будут серьезным препятствием для потока воздуха.

• Облегчается выделение и изоляция критических операций, но при этом не затрудняется доступ в зону их проведения.

• Для новейших, наиболее экономичных планировочных решений очень трудно использовать системы с возвратом воздуха через стены. Это требует либо применения двойных стен с организацией между ними воздушных каналов, разделяющих помещения класса ИСО 3 (класс 1) и ИСО 6-7 (класс 1 000 - 10 000), либо использования целых зон класса ИСО 6 - 7 в качестве пространства для потока рециркулируемого воздуха. Второй вариант не может быть привлекательным, т.к. создает неуправляемый поток в этой зоне. Похожие проблемы возникают и при подаче и возврате других технологических сред. Все системы, где заложены аналогичные идеи, в определенной мере неудобны, если подача и возврат газов, жидкостей и электроэнергии не имеют систем распределения под полом.

• Воздух, идущий через пол, может проходить через пространство, созданное по двум разным вариантам:

(а) Пространство под полом, образованное структурными перекрытиями, поддерживающими фальшпол.
Несмотря на то, что такое решение является дорогим, считается, что оно все же не требует таких затрат, как для создания аналогичного по назначению пространства сбоку. В этом пространстве можно расположить многие системы распределения технологических сред и системы сбора отходов. Если выбрано такое решение, необходимо обеспечить достаточный зазор между структурными перекрытиями и полом основания - скажем, не менее 5,5 м. Подобное пространство позволяет разместить в нем все, что необходимо, например, перенести туда большинство операций по обслуживанию оборудования, а также все необходимые для этой зоны системы распределения. Кроме того, в пространство под полом можно без ущерба для производственного процесса перенести большинство вспомогательных работ по подготовке к установке нового технологического оборудования или перемещению старого.

(б) Пространство, образованное между фальшполом и бетонным строительным основанием.
Это удовлетворительное решение, создающее довольно много возможностей для использования дополнительного пространства под полом. Оно должно иметь достаточную высоту, чтобы проходящий воздух не испытывал существенного сопротивления (не более, чем перепад давления на самом фальшполе), и при этом сохранялась возможность разместить под полом необходимое оборудование, например, фильтры, регуляторы, переходники, а также системы распределения технологических сред.
Фальшпол должен выдерживать нагрузку минимум в 16,8 кН/ми иметь:
• сплошную систему стрингеров;
• четыре установочных винта в основании;
• устройство регулировки уровня (с помощью запорных гаек);
• ряд Z-образных укосов, закрепляющихся рядами;
• основание, закрепленное на полу либо эпоксидным клеем, либо на анкерах.

После установки опор фальшпола бетонный пол должен быть покрыт кислотостойким водонепроницаемым покрытием. Кроме того, должна быть установлена система датчиков для обнаружения и оповещения о случаях пролива различных жидкостей. Вся система фальшпола не должна приводить к усилению вибраций от бетонного строительного основания и строительных конструкций. В действительности, правильно установленный фальшпол должен существенно снижать вибрации, поскольку структура фальшпола, связанная с полом здания, превращается из вибрирующей мембраны в пространственную конструкцию.[5]

При использовании принципа рециркуляции необходимо соблюдать следующие условия:

- количество чистого приточного воздуха должно составлять не менее 10% от общего количества воздуха подаваемого в помещение;

- воздух, поступающий в помещение, должен содержать не более 30% вредных веществ по отношению к их предельно допустимой концентрации. [4]

На рис. 2 приведена схема форсуночного кондиционера, предназначенного для полной обработки воздуха, с I и II регулируемыми рециркуляциями. Наружный воздух поступает в кондиционер через жалюзийную решетку 1 и очищается от пыли в фильтре 2. Пройдя клапан 3, часть воздуха поступает в калориферы первого подогрева 4. Установленные на подаче горячей воды в калориферы 4 специальные клапаны 15 регулируют степень нагрева воздуха в калориферах. Воздух может проходить, минуя калориферы, т. е. оставаясь без подогрева. Затем свежий подогретый воздух смешивается с некоторым объемом рециркуляционного воздуха, возвращаемого из обслуживаемого кондиционером помещения через заслонки 5. Смесь наружного и рециркуляционного воздуха проходит через оросительную камеру 12, калорифер второго подогрева 7, клапан 8, попадает в вентиляционный агрегат 10 и по воздуховоду 9 поступает в помещение. Температура теплоносителя в калорифере 7 регулируется автоматически

специальным клапаном 11. Уровень воды в оросительной камере поддерживается поплавковым устройством 14. Насос с регулятором оросительной системы 13 обеспечивает поступление холодной воды к форсункам в требуемом количестве. [6]

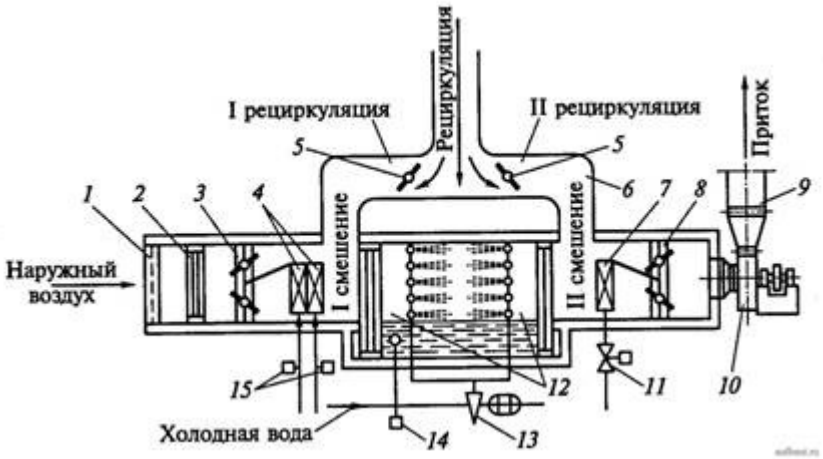

Рисунок 2. Схема форсуночного кондиционера с I и II регулируемыми рециркуляциями:

1 - жалюзийная решетка; 2 - фильтр; 3 - клапан; 4 - калориферы первого подогрева; 5 - заслонки рециркуляционного воздуха; 6 - камера смешения; 7 - калорифер второго подогрева; 8 - регулирующий клапан на пути воздуха; 9 - воздуховод; 10 - вентиляционный агрегат; 11 - регулирующий клапан на пути теплоносителя калорифера; 12 - оросительная камера; 13 - регулятор оросительной системы; 14 - поплавковое устройство; 15 - специальные клапаны

Применение рециркуляции недопустимо в помещениях, в воздушной среде которых могут быть вредные вещества 1, 2 классов опасности, неприятные запахи и болезнетворные микроорганизмы или возможно резкое увеличение концентрации вредных и взрывоопасных пылей, паров и газов (в производствах категории А, Б, В1-В4 по взрывопожарной опасности).[7]

Рециркуляция воздуха допускается в помещениях с выделением вредных веществ 3 и 4 классов опасности, а также веществ 1 и 2 классов опасности, если эти вещества не являются определяющими при расчете расхода приточного воздуха (например, при избытках явного тепла или

влаги). В остальных случаях при наличии веществ 1 и 2 класса опасности рециркуляция не допускается. Количество наружного воздуха, подаваемого на каждого работающего, при применении рециркуляции, должно соответствовать данным таблицы 1. [8]

Таблица 1.

Минимальный расход наружного воздуха на одного работающего

Помещения (участки, зоны)	Расход воздуха				Приточные системы
	с естественным проветриванием	без естественного проветривания			
	на 1 чел., $м^3/ч$	на 1 чел., $м^3/ч$	обмен/ч	% общего воздухообмена, не более	
Производственные	30* 20**	60	1	-	без рециркуляции или с рециркуляцией при кратности воздухообмена 10 обменов и более в 1 ч
	-	60 90 120	- - -	20 15 10	с рециркуляцией при кратности воздухообмена менее 10 обменов в 1 ч
Общественные и административно-бытовые	по требованиям соответствующих строительных	60 20**	-	-	-

Помещения (участки, зоны)	Расход воздуха				Приточные системы
	с естественным проветриванием	без естественного проветривания			
	на 1 чел., $м^3$/ч	на 1 чел., $м^3$/ч	обмен/ч	% общего воздухообмена, не более	
	норм и правил	*			
* При объеме помещения (участка, зоны) на 1 чел. менее 20 $м^3$. ** При объеме помещения (участка, зоны) на 1 чел. 20 $м^3$ и более. ***Для зрительных залов, залов совещаний и других помещений, в которых люди находятся до 3 ч непрерывно.					

Следует подчеркнуть, что рециркуляция не является обязательной. Существуют системы с переменным расходом воздуха, подающие только наружный воздух, требуемое количество которого определяется по сигналам датчика углекислого газа или влажности. Чаще всего это системы кондиционирования специальных помещений, позволяющие за счет охлаждения получить низкие температуры приточного воздуха в летний период, и тем самым существенно сократить требуемый воздухообмен по тепловым избыткам. Для вентиляции же общественных зданий использование рециркуляции является почти обязательным.[9]

К недостаткам механической вентиляции следует отнести:

- постоянный шум и необходимость проведения мероприятий по его снижению;

- незначительность объемов вентилируемого воздуха;

- высокие капитальные затраты (требуются вентиляторы, калориферы, фильтры, воздуховоды, воздухозаборы, нагреватели или холодильно-сушильные агрегаты и т.д.);

- значительные эксплуатационные расходы (затраты на электроэнергию, обслуживание и текущий ремонт).

Механическая вентиляция по способу подачи или удаления воздуха подразделяется на приточную (нагнетательную), вытяжную (отсасывающую) и приточно-вытяжную (рис. 3).

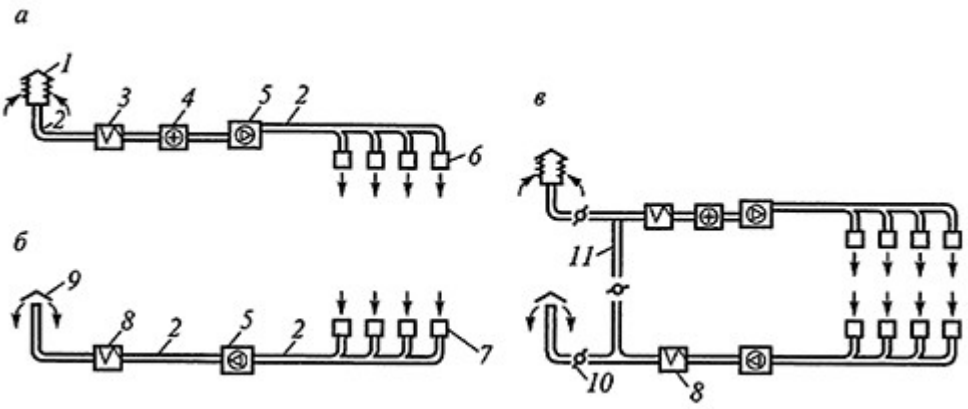

Рис. 3. Схемы механической вентиляции:

а — приточная; б — вытяжная; в — приточно-вытяжная с системой рециркуляции воздуха; 1 — воздухоприемник для забора чистого воздуха; 2 — воздуховоды; 3 — фильтр очистки поступающего извне воздуха от пыли; 4 — калорифер; 5 — вентилятор; 6 — воздухораспределительные насадки; 7 — вытяжные каналы с насадками; 8 — устройство для очистки удаляемого воздуха от пыли и газов; 9 — вытяжная шахта; 10 — клапаны для регулирования соотношения свежего, вторично рециркулированного и выбрасываемого воздуха; 11 — воздуховод системы рециркуляции

По приточной системе воздух подается в помещение вентиляционным агрегатом после подготовки его в приточной камере. В помещении при этом создается избыточное давление, за счет которого загрязненный и (или) отепленный воздух уходит наружу через окна, двери, фонари.

Вентиляционные выбросы аэрозолей, содержащих вредные вещества в парообразной, твердой или жидкой форме, подлежат обязательной очистке.

Для улавливания аэрозолей используют пылеуловители и осадительные камеры, циклоны, рукавные фильтры.

Приточную систему применяют для вентиляции помещений, в которые нежелательно попадание загрязненного воздуха из соседних помещений или холодного воздуха извне. Она используется, как правило, в помещениях, имеющих избыток тепла и малую концентрацию вредных веществ.[10]

Системы кондиционирования воздуха для чистых комнат должны подавать очищенный воздух в определенном количестве для того, чтобы поддержать заданный уровень чистоты помещения. Воздух подается в чистые комнаты таким способом, чтобы предотвратить образование застойных зон, где могут оседать и накапливаться частицы пыли. Воздух также должен быть кондиционирован по температуре и влажности в соответствии с требованиями к параметрам микроклимата помещения. Кроме того, дополнительное количество кондиционированного воздуха подается в помещение для создания избыточного давления.

Воздухообмен

Расчетная величина подачи очищенного воздуха максимальна для помещений с жестким режимом чистоты и снижается по мере снижения требований к очистке. Воздухообмен в помещениях, как правило, выражается либо через подвижность воздуха в помещении, либо через кратность (обм/ч).

Средняя подвижность воздуха в помещении обычно используется в том случае, когда воздух подается через фильтрующий потолок. В течение многих лет для наивысшего уровня чистоты принималась подвижность воздуха. На рисунках 4 и 5 показаны чистые комнаты с упорядоченной и неупорядоченной циркуляцией воздуха. [11]

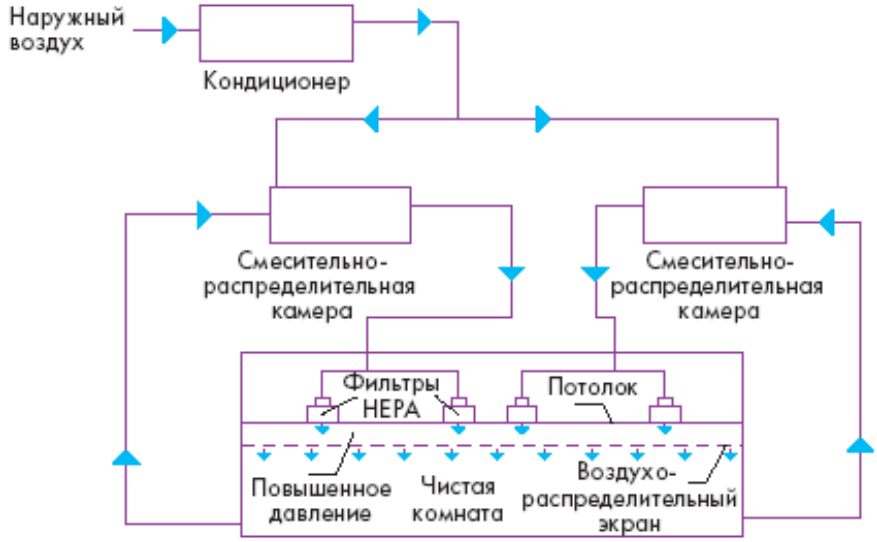

Рисунок 4.Чистая комната с упорядоченной однонаправленной циркуляцией и низкой скоростью движения воздуха

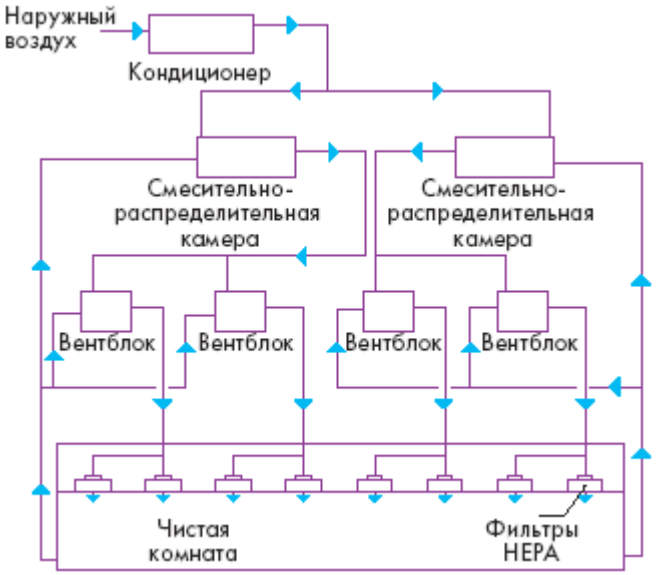

Рисунок 5. Чистая комната с неупорядоченной циркуляцией воздуха, с использованием циркуляционных вентиляторов в блочном исполнении, смесительно-распределительных камер и кондиционера наружного воздуха.

1.3 Основные процессы микроэлектроники(МЭ), осуществляемые в ЧПП.

Современная технология микроэлектроники основана на двух принципах: последовательном формировании тонких слоёв или плёнок при определённых режимах и создании топологических рисунков с помощью микролитографии. Технологические основы этих принципов уходят вглубь веков.

Одним из функциональных вопросов технологии является вопрос можно ли полностью устранить механические совмещения и осуществить синтез твердотельной структуры в едином физико-химическом процессе. Те сведения, которыми мы сегодня располагаем относительно материалов, физико-химической технологии и физических принципов не позволяют дать положительный ответ. Но радикальные изменения в технологии всегда сопряжены с новой физикой, новыми материалами и новой элементной базой.

Основная тенденция микроэлектроники, устойчиво сохраняющаяся уже более 40 лет – повышение степени интеграции N. Перспективность этой тенденции обусловлена тем, что при отлаженном серийном производстве стоимость изделий практически не зависит от их сложности и определяется в основном производительностью оборудования. Повысить степень интеграции N можно за счёт уменьшения размеров элементов или за счёт увеличения размера кристалла. Оба эти способа успешно реализуются на практике.[12]

В микроэлектронной промышленности требуемый уровень контроля загрязнений и соответствующий класс чистоты помещений определяется минимальным размером топологического элемента или толщины пленки.

Класс чистоты с минимальной концентрацией частиц обычно выбирается исходя из критического размера частиц. Критический размер частиц (как правило, принимаемый равным 1/10 минимального размера

топологического элемента) используется для выбора требуемого класса чистоты чистого помещения.

Определение класса чистоты для различных рабочих зон основывается на вероятности загрязнения и потенциального отказа.

Например, в процессе фотолитографии пластины находятся в открытой окружающей среде и опасность загрязнения высока. Это обусловливает высокую вероятность отказа в случае загрязнения. В таких случаях могут использоваться физические барьеры, которые защищают технологическое ядро от загрязнений или колебаний параметров внешней среды (например, температуры, влажности, давления).

Рабочие зоны - зоны, в которых вручную или на автоматическом оборудовании выполняются технологические операции с пластинами, матрицами и др., в которых вероятность загрязнения высока, если процесс открыт непосредственно в окружающую среду. К наиболее распространенным средствам защиты продукта внутри рабочих зон относятся однонаправленный поток, минимизация занимаемого пространства и концентрация используемых материалов и продукции, разделение персонала и открытого продукта, включая использование барьерной технологии. Рабочие зоны, как правило, отделяются от соседних, менее критических, зон физическими барьерами или потоками воздуха.

Зоны обслуживания - зоны, в которых расположены части технологического оборудования, не выходящие в рабочую зону. В зонах обслуживания рабочий процесс закрыт по отношению к окружающей среде. Зоны обслуживания обычно располагаются рядом с соответствующей рабочей зоной. [13]

Удельные количество вредных веществ, выделяющихся в атмосферу, на производстве микроэлектроники представлены в таблице 2 и 3 [14]

Таблица 2

Удельные выделения вредных веществ в атмосферу при производстве толстопленочных плат.

Наименование технологической операции	Наименование оборудования	Выделяющиеся вредные вещества	
		Наименование	Количество, г/с
1.Химическая очистка			
1.1. Очистка подложек	Ванна УЗВ-16М, установка химической обработки 08ЧХН-100-005	Дигидропероксид (водорода перекись)	$1,45 \cdot 10^{-4}$
		Аммиак	$20,51 \cdot 10^{-4}$
	Установка очистки ДМУМ1.240.015	диНатрий карбонат	$0,16 \cdot 10^{-4}$
		триНатрий фосфат	$0,13 \cdot 10^{-4}$
1.2.Очистка трафаретной рамки	Установка трафаретной печати АУТП-1	Этанол	$34,72 \cdot 10^{-4}$
		Бензин	$34,72 \cdot 10^{-4}$
1.3. Обезжиривание сетки трафарета, фотошаблона, армирующих плёнок	Шкаф вытяжной Ш2-НЖ	Этанол	$69,44 \cdot 10^{-4}$
1.4 Обезжиривание поверхности заготовок	Шкаф вытяжной Ш2-НЖ	Пропан-2-он (ацетон)	$79,31 \cdot 10^{-4}$
1.5. Подготовка оснований корпусов и колпачков к сборке	Ванна УЗВ-16М	Тетрахлорметан (углерод четырёххлористый)	$71,05 \cdot 10^{-4}$
	Шкаф вытяжной Ш2-НЖ	Этанол	$7,29 \cdot 10^{-4}$
1.6. Очистка микросборок	Установка очистки КР-1	1,2-Дибром-1,1,2,2 тетрафторэтан (Хладон 114В2)	$29,42 \cdot 10^{-4}$
		Дихлорметан	$35,51 \cdot 10^{-4}$
2. Изготовление толстых пленок			
2.1. Нанесение паст проводниковых резистивных, диэлектрических, лудящих, защитных	Установка трафаретной печати АУТП-1	Циклогексанон или а,а,4-Триметилциклогекс-3-ен-1-метанол (терпинеол)	$8,09 \cdot 10^{-4}$
	Установка трафаретной печати ПТП-2	Циклогексанон или а,а,4-Триметилциклогекс-3-ен-1-метанол (терпинеол)	$3,03 \cdot 10^{-4}$
2.2. Сушка паст	Печь сушки ДЛЦМЗ. 003.007	Циклогексанон или а,а,4-Триметилциклогекс-3-ен-1-метанол (терпинеол)	$20,22 \cdot 10^{-4}$
2.3. Вжигание паст	Печь электрическая ПЭК-8	Углерод оксид	$3,44 \cdot 10^{-4}$
2.4. Нанесение лудящих паст	Модуль нанесения лудящих паст Темп-551	Свинец	$1,79 \cdot 10^{-4}$
2.5. Статическая подготовка резистивных элементов	Модуль лазерной статической подгонки Темп-300	Озон	$1,19 \cdot 10^{-4}$
2.6. Динамическая подгонка микросборок	Установка динамической подготовки микросборок Темп-11	Озон	$1,19 \cdot 10^{-4}$
3. Изготовление сетчатых трафаретов			
3.1. Покрытие армирующей плёнки антиадгезионной смаз кой	Шкаф вытяжной 2Ш-НЖ	Уайт-спирит	$36,46 \cdot 10^{-4}$
		Бензин	$48,61 \cdot 10^{-4}$
3.2. Сушка антиадгезионной смазки	Шкаф вытяжной 2Ш-НЖ	Уайт-спирит	$85,07 \cdot 10^{-4}$
		Бензин	$72,92 \cdot 10^{-4}$

Таблица 3.

Удельные выделения вредных веществ в атмосферу при химической обработке полупроводниковых микросборок.

Наименование технологической операции	Наименование оборудования тип, модель	Выделяющиеся вредные вещества	
		Наименование	Количество, г/с
Химическая обработка			
1. Обработка в кислотно-перекисном растворе	Установка химической обработки 08ЧХН-100-005	Серная кислота	$0,06 \times 10^{-4}$
		Дигидропероксид (водорода перекись)	$0,63 \cdot 10^{-4}$
2 Снятие фоторезиста в КАРО	Установка химической обработки 08ЧХН-100-005	Серная кислота	$0,06 \cdot 10^{-4}$
		Дигидропероксид (водорода перекись)	$0,63 \cdot 10^{-4}$
3. Обработка в перекисно - аммиачном растворе	Установка химической обработки 08ЧХН-100-005	Аммиак	$277,78 \cdot 10^{-4}$
		Дигидропероксид (водорода перекись)	$0,67 \cdot 10^{-4}$
4. Обработка в перекисно - аммиачном растворе	Установка химической обработки 08ЧХН-100-001	Аммиак	$355,28 \cdot 10^{-4}$
		Дигидропероксид (водорода перекись)	$0,67 \cdot 10^{-4}$
5. Обезжиривание	Установка химической обработки 08ЧХН-100-001	Гидрохлорид (соляная кислота)	$9,89 \cdot 10^{-4}$
6. Травление окисных плёнок	Установка химической обработки 08ЧХН-100-002	Аммиак	$43,36 \cdot 10^{-4}$
		Фтористые газообразные соединения-гидрофторид	$3,14 \cdot 10^{-4}$
7. Снятие фосфоро-силикатного стекла	Установка химической обработки 08ЧХН-100-002	Аммиак	$73,33 \cdot 10^{-4}$
		Фтористые газообразные соединения-гидрофторид	$3,39 \cdot 10^{-4}$
8. Обезжиривание в смеси кислот	Установка химической обработки 08ЧХН-100-002	Азотная кислота	$5,86 \cdot 10^{-4}$
		Этановая кислота	$7,50 \cdot 10^{-4}$
		Фтористые газообразные соединения-гидрофторид	$2,55 \cdot 10^{-4}$
9. Снятие борсиликатного стекла	Установка химической обработки 08ЧХН-100-005	Фтористые газообразные соединения-гидрофторид	$2,50 \cdot 10^{-4}$
10. Травление алюминия, ванадия	Установка химической обработки 08ЧХН-100-005	Этановая кислота	$11,11 \cdot 10^{-4}$
		Азотная кислота	$10,28 \cdot 10^{-4}$
		Ортофосфорная кислота	$0,64 \cdot 10^{-4}$

2. Химические факторы производственной среды в ЧПП

2.1. Нормирование содержания вредных веществ в воздухе.

При проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования необходимо предъявлять требования к санитарным ограничениям содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны регламентируется значением предельно допустимых концентраций (ПДК), мг / $м^3$.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны - это концентрации, при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни нынешнего и последующего поколений.По степени воздействия на организм вредные вещества согласно ГОСТ 121007-88 подразделяются на 4 класса опасностей:

I класс - чрезвычайно опасные;

П класс - высоко опасные;

III класс - умеренно опасные;

IV класс – мало опасные

Таблице 4

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от норм и показателей.

Наименование	Норма для класса опасности

показателя	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/куб.м	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/куб.м	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

Токсические вещества поступают в организм человека через дыхательные пути (ингаляционное проникновение), желудочно-кишечный тракт и кожу. Степень отравления зависит от их агрегатного состояния (газообразные и парообразные вещества, жидкие и твердые аэрозоли) и от характера технологического процесса (нагрев вещества, измельчение и др.). [16]

Преобладающее большинство профессиональных отравлений связано с ингаляционным проникновением в организм вредных веществ, являющимся наиболее опасным, так как большая всасывающая поверхность легочных

альвеол, усиленно омываемых кровью, обусловливает очень быстрое и почти беспрепятственное проникновение ядов к важнейшим жизненным центрам.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны являются обязательными санитарными нормативами для использования при проектировании технологических процессов и вентиляции ПДК устанавливаются на основании данных медико-биологических исследований, проводимых на животных. Для низко лёгких, но активно проникающих через кожу вредных веществ должны устанавливаться тесты экспозиций.

На период, предшествующий проектированию производства, имеющих временно определяться ориентировочные безопасные уровни воздействия - ОБУВ Они должны пересматриваться через 2 года после их утверждения или заменяться

ПДК с учетом накопленных данных о соотношении здоровья работников с условиями труда.[15]

В соответствии с устанавливаемыми ПДК или ОБУВ вредных веществ должны разрабатываться методы их контроля в воздухе рабочей зоны.

2.2. Выделение вредных веществ на операции фотолитографии

При процессе фотолитографии применяются методы подготовки поверхности, травление и удаление слоя фоторезиста.

При реализации этих методов образуются следующие отходы: трихлорэтилен, четыреххлористый углерод, толуол, ацетон, этиловый спирт, хромовые стоки, растворы соляной кислоты, серной кислоты, которые поступая в окружающую среду со стоками негативно влияют на здоровье человека, поступая в его организм с водой, пищей, а при испарении, и с

воздухом. Так же выделяются вредные для здоровья человека галогеносодержащие газы (типа CF4).

В целях недопущения негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека необходимо производить очистку газовых выбросов.[17]

На рис. 6 показаны основные этапы фотолитографии.

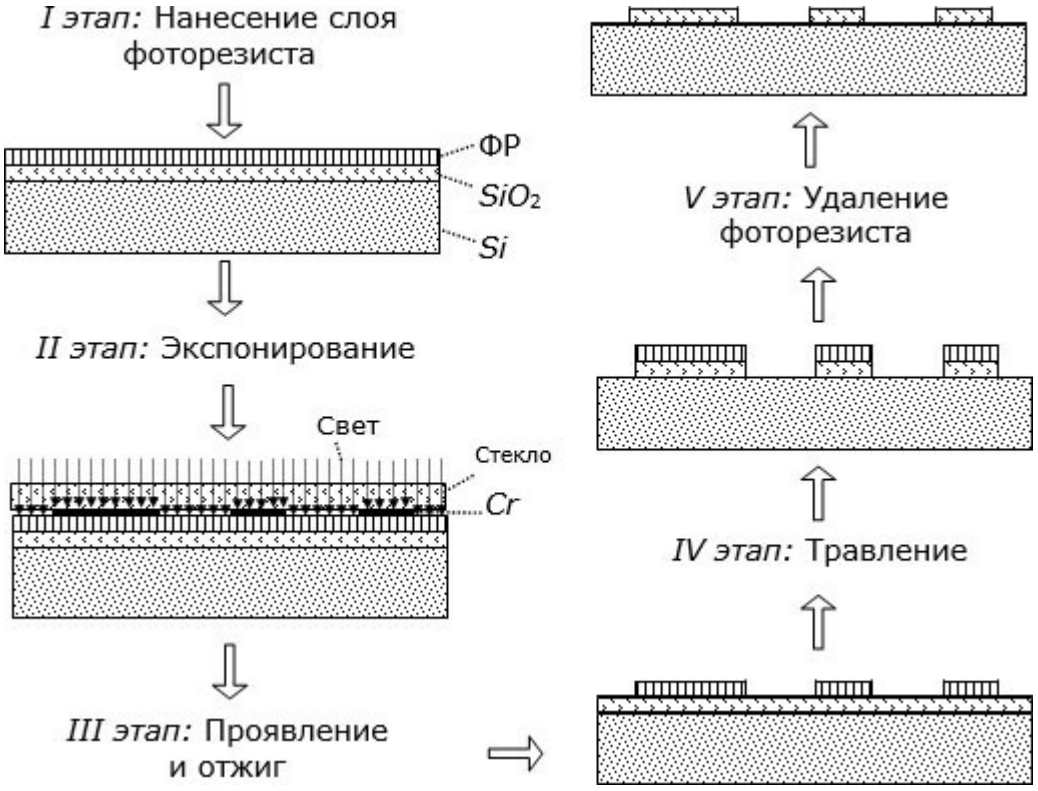

Рис. 6. Основные этапы технологического процесса фотолитографии

На первом этапе выполняли технологические операции очистки подложки, нанесения и высушивания слоя фоторезиста. Органическиефоторезисты, как правило, наносили центрифугированием, неорганические – вакуумным напылением. На этапе II выполняли технологические операции точного совмещения фотошаблона с топологией нижнего, уже структурированного слоя, прижатие фотошаблона к слою фоторезиста и экспонирование светом. Фотошаблон, как правило, состоял из прозрачной для света стеклянной пластины и из участков хрома, не прозрачных для света. Экспонированные участки фоторезиста становились растворимыми (в другом варианте – не растворимыми). На этапе III выполнялась операция проявления, в ходе которой экспонированные участки

фоторезиста растворялись и удалялись. (В другом варианте растворялись и удалялись не экспонированные участки). Полученная маска фоторезиста отжигалась при повышенной температуре для удаления растворителя и повышения химической стойкости. На этапе IV сквозь маску из фоторезиста открытые участки слоя вытравливали (химическими или физическими методами) и удаляли. На этапе V удалялась также фоторезистивная маска, выполнялись очистка поверхности, сушка и контроль полученной структуры на соответствие заданной топологии.[18]

2.3. Выделение вредных веществ на операциихимических воздействий на человека.

Атмосферный воздух в своем составе содержит (% по объему): азота - 78,08; кислорода - 20,95; аргона, неона и других инертных газов - 0,93; углекислого газа - 0,03; прочих газов - 0,01. Воздух такого состава наиболее благоприятен для дыхания. Воздух рабочей зоны редко имеет приведенный выше химический состав, так как многие технологические процессы сопровождаются выделением в воздух производственных помещений вредных веществ - паров, газов, твердых и жидких частиц. Пары и газы образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие частицы вещества - дисперсные системы - аэрозоли, которые делятся на пыль (размер твердых частиц более 1 мкм), дым (менее 1 мкм) и туман (размер жидких частиц менее 10 мкм). Пыль бывает крупно - (размер частиц более 50 мкм), средне - (50 - 10 мкм) и мелкодисперсной (менее 10 мкм).

Поступление в воздух рабочей зоны того или иного вредного вещества зависит от технологического процесса, используемого сырья, а также от промежуточных и конечных продуктов. Так, пары выделяются в результате применении различных жидких веществ, например, растворителей, ряда кислот, бензина, ртути и т. д., а газы - чаще всего при проведении технологического процесса, например, при сварке, литье, термической обработке металлов.

Причины выделения вредных веществ на производственных предприятиях могут быть самыми разнообразными. При этом вредные вещества проникают в организм человека главным образом через дыхательные пути, а также через кожу и с пищей. Большинство этих веществ относится к опасным и вредным производственным факторам, поскольку они оказывают токсическое действие на организм человека. Эти вещества, хорошо растворяясь в биологических средах, способны вступать с ними во взаимодействие, вызывая нарушение нормальной жизнедеятельности. [19]

Химические вещества по характеру воздействия на организм человека подразделяются на:

- токсические;
- раздражающие;
- сенсибилизирующие;
- канцерогенные;
- мутагенные;
- влияющие на репродуктивную функцию.

Большинство применяемых на производстве вредных веществ обладает общетоксическим (общеотравляющим) действием. К ним относятся ароматические углеводороды и их производные, тетраэтилсвинца, фосфорорганические вещества, хлорированные углеводороды и многие другие. Большой токсичностью обладают ртуть и ее органические соединения.

Раздражающим действием обладают кислоты, щелочи, а также хлор-, фтор-, серо-, и азотосодержащие соединения и др. Все эти вещества объединяет то, что при контакте с биологическими тканями они вызывают воспалительную реакцию, причем в первую очередь страдают органы дыхания, кожа и слизистые оболочки глаз.

К сенсибилизирующим относятся вещества, которые после относительно непродолжительного действия на организм вызывают в нем повышенную чувствительность к этому веществу. При последующем даже

кратковременном контакте с этим веществом у человека возникают бурные реакции, чаще всего приводящие к кожным изменениям, астматическим явлениям, заболеваниям крови. Такими свойствами обладают соединения ртути, платина, альдегиды и др.

Канцерогенные вещества, попадая в организм человека, вызывают развитие злокачественных опухолей. Канцерогенной активностью обладают продукты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, пыль асбеста, многие углеводороды и др.

Мутагенные вещества влияют на генетические аппарат зародышевых клеток организма. Мутация приводит к гибели клеток или к их функциональным изменениям. Эти вещества также могут вызывать снижение общей сопротивляемости организма, раннее старение, а также другие тяжелые заболевания. Этими свойствами обладают этиленамин, уретан, органические перекиси, иприт, формальдегид и др.

К веществам, влияющим на репродуктивную функцию, относятся бензол и его производные, сероуглерод, свинец, сурьма, марганец, ядохимикаты, никотин, соединения ртути и др.

В отдельных литературных источниках токсические вещества по своему физиологическому воздействию подразделяют на:

раздражающие, которые действуют на поверхность тканей дыхательного тракта, слизистых оболочек, кожу, глаза (кислоты, щелочи, аммиак, хлор, сернистые соединения и др.);

удушающие – физически инертные газы, разбавляющие содержание кислорода в воздухе и, тем самым, нарушающие процесс усвоения кислорода тканями (углекислый газ, азот, метан и др.);

соматические яды, которые вызывают нарушение деятельности всего организма или отдельных его систем;

оказывающие наркотическое действие.

Существуют и другие классификации вредных веществ по соответствующим критериям, например, по преимущественному действию

на определенные органы и системы организма человека, по величине смертельной дозы и др.

По пути проникновения в организм человека они делятся на проникающие через:

- органы дыхания;
- желудочно-кишечный тракт;
- кожные покровы и слизистые оболочки.

Наиболее опасным считается проникновение вредных химических веществ через органы дыхания, так как всасывание их происходит очень интенсивно, и они через легкие попадают в большой круг кровообращения, минуя степени детоксикации впечени.[20]

Нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны

ГОСТ 12.1.005 - 88 установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ q ПДК (мг/м) в воздухе рабочей зоны производственных помещений. Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на следующие классы: 1-й - чрезвычайно опасные, 2-й - высоко опасные, 3-я - умеренно опасные, 4-й - малоопасные. В качестве примера в табл. 5 приведены нормативные данные для ряда веществ (всего нормируется более 700 веществ).[21]

Таблица 5.

Значения допустимых концентраций

Вещество	Величина ПДК, мг/м	Класс опасности	Агрегатное состояние
Бериллий и его соединения	0,001	1	аэрозоль
Свинец	0,01	1	аэрозоль
Марганец	0,05	1	аэрозоль
Озон	0,1	1	пары и (или) газы
Хлор	1	2	пары и (или) газы
Соляная кислота	5	2	пары и (или) газы

Кремнеземсодержащие пыли	1	3	аэрозоль
Окись железа	4 - 6	4	аэрозоль
Окись углерода, аммиак	20	4	пары и (или) газы

2.4.Особенности воздействия малых химических доз на организм человека.

В связи с ухудшением экологической обстановки, специфика взаимодействия малых доз вещества с организмом все чаще становится предметом исследований. Наибольшее внимание уделяется специальным формам токсического процесса - иммунотоксичности, канцерогенности и др., так как способность веществ оказывать такое воздействие требует пересмотра действующих значений ПДК в сторону ужесточения. Например, бензол, в соответствие с действующими стандартами имеет ПДК р.з., равную 5 мг/м3 (по общей токсичности), а ПДК соединений шестивалентного хрома - 0,03 мг/м3, однако, относясь к химическим канцерогенам соответственно третьего и первого классов опасности, они должны были бы иметь ПДК, равные 0,01 мг/м3 и 0,0001 мг/м3.

Такое высокотехнологичное производство, как процессы в чистых производственных помещениях (ЧПП), является относительно благополучным в химическом отношении, так как человеческий фактор сводится к минимуму благодаря значительной степени автоматизации и объемы используемых ядовитых веществ невелики. Но в производственных условиях никогда нельзя исключить контаминацию воздуха, особенно при прерывистом процессе, включающем операции загрузки-выгрузки, чистки оборудования и т.п. Кроме того, качество воздуха предъявляет высокие требования к его предварительной очистке, предопределяя тем самым использование рециркулирующего воздуха в производственном помещении в объеме до 90 % из соображений экономии и энергосбережения, что ведет к накоплению вредных веществ и к повышению вероятности образования синергических смесей. Анализ технологических процессов производства

интегральных схем показывает, что спектр веществ, выделяющихся в ходе производственных операций, включает большое число соединений, вызывающих специальные формы токсического процесса (табл.6).

Таблица 6.

Характер токсического действия

Вещество	Количество технологических операций	Действующая ПДКр.з (макс. раз), мг/м3	Характер специфического действия
Трихлорэтилен	>5	10	И Р
Тетрахлорметан	3	20	И К Р
1,4-диоксан	3	10	К
Метилбензол	>5	150	Р
Cr(VI)	>5	0,03	И К
Мышьяк	1	0,04	И К
Бензол	1	15	К Р
Этанол	>5	2000	И Р
Гидрофторид	>5	0,5	Р
N-N-диметилформамид	>5	10	Р

Используются обозначения: И – иммунотоксичнось, К – канцерогенность, Р – действие на систему репродукции.

Влияние иммунотоксикантов наиболее многопланово. Как показывают исследования, изменения иммунологической реактивности могут служить предпосылкой для развития целого ряда тяжелых соматических заболеваний, таких как сердечно-сосудистые и нервные болезни, хронические инфекции, аллергические и аутоиммунные процессы, синдром множественной химической чувствительности, снижение резистентности к микробам и

вирусам, онкологические заболевания вследствие поражения иммунной системы химическими соединениями. На сегодняшний день имеются сообщения о парадоксальном характере эффектов от воздействия сверхмалых доз, изучается модификация чувствительности биообъектов к широкому спектру внешних факторов под действием малых доз биологически активных веществ. Предполагается, что могут оказаться чрезвычайно высокими синергетические эффекты совокупного воздействия химических агентов на уровне сверхмалых доз.

Действуя изолированно и совместно, эти вещества увеличивают вероятность возникновения у работающих тяжелых заболеваний с отсроченным эффектом. Таким образом, важным фактором улучшения воздушной среды является оборудование эффективной и рациональной вентиляции, как обще обменной, так и местной. Несмотря на высокую стоимость систем воздухоподготовки, включение в схему систем кондиционирования и фильтрации на этапе удаления воздуха фильтров для очистки его от химических веществ является необходимым этапом совершенствования безопасности производства в ЧПП.[22]

2.5.Методы контроля исостояния воздуха в производственных помещениях.

Чистота среды производственных помещений чрезвычайно важна в любом производстве. В соответствии с правилами надлежащей производственной практики (GMP) помещения, предназначенные для проведения критических производственных операций, должны быть аттестованы в установленном порядке. Аттестация чистых помещений является необходимым предварительным условием валидации технологических процессов, последующий мониторинг производственной среды должен подтверждать аттестованное состояние помещений во время их эксплуатации.Цель аттестации помещений заключается в документированном подтверждении того, что системы подготовки воздуха, конструктивные элементы и планировка помещений способны постоянно

обеспечивать необходимые условия окружающей среды для продукции, оборудования и персонала.

Для систем воздухоподготовки чистых помещений должны быть установлены критические параметры, которые будут контролироваться во время аттестации и дальнейшей эксплуатации помещений. По крайней мере, должны проверяться следующие показатели:

- температура и относительная влажность воздуха;
- расход приточного и вытяжного воздуха;
- кратность воздухообмена;
- давление воздуха;
- картина воздушных потоков;
- концентрация аэрозольных частиц заданных диапазонов размеров;
- количество химически вредных веществ в воздухе;
- время восстановления;
- скорость однонаправленного потока воздуха (если применимо);
- проверка целостности и герметичности монтажа высокоэффективных воздушных фильтров.[23]

Отбор проб должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях. Зона дыхания – это пространство в радиусе до 50 см от лица работающего.

В течение смены или на отдельных этапах технологического процесса в одной точке должно быть последовательно отобрано не менее трех проб. Для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия допускается отбор одной пробы.

При возможном поступлении в воздух рабочей зоны вредных веществ с остронаправленным механизмом действия должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией о превышении ПДК.

Среднесменные концентрации КСС определяют для веществ, на которые установлен норматив – предельно допустимая среднесменная концентрация (ПДКСС). Измерения проводят приборами индивидуального

контроля либо по результатам отдельных измерений. Расчет проводится по формуле

$$K_{CC} = (K_1 * t_1 + K_2 * t_2 + \ldots, + K_N * t_N)/(t_1 + t_2 + \ldots, + t_N),$$

где K_{CC} – среднесменная концентрация, мг/м3;

K_1, K_2, ..., K_N – среднеарифметические величины отдельных измерений концентраций вредного вещества на отдельных стадиях (операциях) технологического процесса, мг/м3;

t_1, t_2, t_N – продолжительность отдельных стадий (операций) технологического процесса, мин.

Степень запыленности воздуха определяют по среднесменной концентрации. Дополнительным показателем оценки степени воздействия пыли на органы дыхания является пылевая нагрузка за весь период реального или предполагаемого контакта с вредным фактором.

Пылевая нагрузка (ПН) на органы дыхания работающего – это реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую рабочий вдыхает за весь период фактического или предполагаемого профессионального контакта с вредным фактором. Пылевую нагрузку на органы дыхания рабочего рассчитывают, исходя из фактических среднесменных концентраций пыли в воздухе рабочей зоны, объема легочной вентиляции (зависящей от тяжести труда) и продолжительности контакта с пылью по формуле

$$ПН = K_{CC} * N * T * Q,$$

где K_{CC} – фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м3;

N – число рабочих смен в календарном году;

T – количество лет контакта с пылью;

Q – объем легочной вентиляции за смену, м3.

Полученные значения фактической ПН сравнивают с величиной контрольного уровня пылевой нагрузки, значение которого рассчитывают в

зависимости от фактического или предполагаемого стажа работы, предельно допустимой концентрации (ПДК) пыли и категории работ.

Контрольный уровень пылевой нагрузки (КПН) – это пылевая нагрузка, формировавшаяся при условии соблюдения $ПДК_{СС}$пыли в течение всего периода профессионального контакта с вредным фактором,

$$КПН = ПДК_{СС} * N * T * Q$$

Методы контроля воздушной среды на наличие вредных веществ подразделяются на три группы: лабораторные, экспрессные и автоматические.

Лабораторные методы – точные методы. Позволяют определять ничтожно малые количества вредных веществ. Для этого можно использовать, например, хроматографы. Основным недостатком этих методов является длительность и достаточно сложное аппаратурное оформление. Поэтому их применяют главным образом для контроля результатов, полученных другими методами.

Экспрессные методы просты и оперативны, но поточности уступают лабораторным. Основаны эти методы на изменении окраски индикаторной бумаги, индикаторного порошка. Для проведения контроля экспресс-методом применяют аспиратор сильфонный. Для разных веществ подобраны различные реагенты, засыпаемые в стеклянные трубки, через которые просасывают анализируемый воздух. В зависимости от концентрации вещества столбик индикаторного порошка окрашивается на большую или меньшую высоту, пропорциональную концентрации анализируемого вещества.

Автоматические методы анализа воздуха производственных помещений позволяют достаточно быстро и точно получать результаты анализа. Они осуществляются переносными и стационарными автоматическими газоанализаторами, которые по принципу действия подразделяются на оптические, колориметрические, термохимические, акустические и электрохимические.[24]

3. Фильтры для очистки воздуха от вредных примесей

3.1. Классификацияфильтров по очистки воздуха от пыли и химически вредных веществ.

Для очистки приточного воздуха в помещении от вредных веществ, применяются фильтры:

- Фотокаталитические
- Сорбционные
- Пылевые
- Ионизирующие очистители или электрофильтры
- Угольные .

Фотокаталитический фильтр - данный фильтр по своей работе разлагает загрязнители на безвредные вещества, осуществляет молекулярную очистку и обеззараживание воздуха в непрерывном режиме в присутствии людей..

В фотокаталитических фильтрах используется ультрафиолетовая лампа, под действие излучения которой все загрязнители расщепляются на простейшие вещества в присутствии катализатора (оксида титана). УФ-излучение ионизирует воздух и убивает болезнетворные микроорганизмы, т.е.фотокаталитические фильтры очищают воздух от большинства вредных примесей, в том числе от вирусов и газовых загрязнений., при этом их эффективность не уменьшается в процессе работы. [25]

Фотокаталитические фильтры практически не требуют ухода, использование в воздухоочистителях этих фильтров позволяет быстрее избавиться от многих видов загрязнений воздуха. Они экономичны, т.к. замены требует только ультрафиолетовая лампа.

Сорбционные фильтры- используются в промышленных и бытовых системах для очистки воды от остаточного активного хлора, органических соединений, а также от неприятных запахов и привкусов, вызываемых органикой и хлором. Сорбционная очистка воды сегодня является одним из самых универсальных и эффективных методов. Слово "сорбция" означает "поглощать", т.е. в названии данного фильтра есть объяснение принципа его работы. Фильтрующий материал (сорбент) подбирается с таким расчетом, чтобы забирать из воды максимальное количество частиц загрязнения.

Производительность сорбционных фильтров позволяет использовать их как для бытовой, так и для промышленной очистки воды. Сорбционная очистка сточных вод успешно применяется для утилизации отходов производства.[26]

Пылевые фильтры / HEPA фильтр (HighEfficiencyParticulateAir [Filter]) - значение данного словосочетание можно перевести, как «высокоэффективный фильтр для очистки воздуха от частиц». Данный фильтр представляет собой специальный материал,который состоит из тонких волокон. Волокна образуют сеть из мельчайших пор, эффективно задерживающих частицы размером от 0,3 мкм.

Фильтры HEPA являются разновидностью механических фильтров, задерживающих пыль и другие частицы внутри пористого материала. Данные фильтры были разработаны для систем вентиляции чистых медицинских помещений, так как обычные пылевые фильтры не могли обеспечить требуемой чистоты воздуха.

Недостатки HEPA фильтра – стоимость, невозможность восстановления,снижение эффективности работы до 80% от первоначального значения (после отработки 20 — 25% срока службы)

Электрофильтр - данный фильтр предназначен для очистки технологических газов и аспирационного воздуха от находящихся в них взвешенных частиц посредством воздействия электрического поля. Фильтр способен задерживать самую мелкую пыль с размером частиц от 0.01 мкм,

мельчайшие частицы пыли пропускают сквозь сильное электростатическое поле, где они ионизируют (т.е. приобретает электрический заряд), после чего пыль сама притягивается к пластинам, имеющим заряд противоположного знака.

Электростатический фильтр иногда также называют **ионизатором** или **плазменным ионизатором**, потому что, под действие сильного электростатического поля воздух ионизируется и переходит в состояние низкотемпературной плазмы. При этом высокое напряжение между элементами электростатического фильтра создает условия для образования озона — крайне агрессивного газа, который является сильным окислителем и весьма опасен для здоровья людей, так как поврежденный электростатический фильтр может генерировать озон в опасных количествах (при превышении ПДК запах озона заметен). [25]

Для улавливания из воздуха химически вредных веществ применяют различные фильтрующие материалы. Наибольшее распространение получили фильтры из тонких полихлорвиниловых волокон (фильтры АФА). Аналитические аэрозольные фильтры АФА обладают высокой задерживающей способностью, термостойкие. Максимальная производительность фильтров с рабочей поверхностью 20 $см^2$ составляет 140 л/мин. Не меньшей эффективностью для улавливания аэрозолей обладают фильтры из ультратонкого стекловолокна. Они термостойки до 500 ^{0}С и устойчивы по отношению к кислотам, щелочам, малогигроскопичные.

В основе поглощения ряда веществ в фильтрахлежат хемосорбционные процессы, сопровождающиеся химическим воздействием поглощаемого пара и соответствующего реагента, нанесенного на сорбент.

Для одновременного улавливания из воздуха паров и аэрозолей применяют фильтры АФАС-У-аэрозольно-сорбционно-угольные, которые сделаны из волокнистого активированного материала (ФП), импрегнированного тонкодисперсным активированным углем. Эти фильтры

одновременно поглощают из воздуха многие органические пары и аэрозоли при скорости потока воздуха до 15 л/мин.

Для улавливания паров ртути используются фильтры, импрегнированные твердым сорбентом с добавкой химических реагентов.

Для отбора проб фильтры закладывают в специальные патроны-фильтродержатели, изготовленные из различных материалов с рабочей поверхностью 10 и 20 $см^2$. [27]

В тех случаях, когда концентрации газообразных загрязнений превышают допустимые санитарные нормы или когда к приточному воздуху предъявляются повышенные требования класс IDA1 и IDA2 , то в дополнение к пылевым фильтрам необходимо устанавливать газовые фильтры способные очищать воздух от молекулярных загрязнений газов и паров.

Для решения этой задачи производятся воздушно панельно угольный фильтр ФВП, ионообменные карманные фильтры типа ИФК, а также сорбционные (угольные) фильтры:ФяС-С, ФяС-С-К, СУФ-0, СУФ-2 и вертикально инитно-угольный фильтр ВУФ.[28]

3.2. Преимущества и возможности применения фильтров в ЧПП.

Воздушно панельно угольный фильтр ФВП или ФЯП

Фильтры ФВП G3 и G4 изготовлены на основе термоскрепленного химволокна (100% полиэстера). Воздушный фильтр ФЯП представляет собой П-образный профиль из нержавеющей стали, в котором уложен сменный фильтрующий материал. Выдавливание полотна в процессе эксплуатации предотвращает металлическая сетка, установленная с выходной стороны фильтра и спицы — с входной.

Предназначенные для эксплуатации в многоступенчатых системах кондиционирования и приточно-вытяжной вентиляции, панельные ячейковые фильтры ФяП используются для предварительного очищения

воздуха, защиты фильтрующих элементов тонкой очистки и увеличения срока их службы.



Рис.7 Фильтр воздушный панельный угольный ФВП (ФЯП)

- способствует очистке воздуха от неприятных запахов;

- позволяет обеспечить очистку воздуха до санитарных и экологических норм;

- позволяет повысить качество воздуха в помещениях повышенной комфортности;

-экологически безопасен.

Применение:

- для очистки воздуха от неприятных запахов, паров токсичных веществ, газов (кроме газов с низкой молекулярной массой), летучих органических соединений;

- в качестве фильтров второй ступени очистки в многоступенчатых системах фильтрации;

- в системах вентиляции и кондиционирования жилых зданий, бизнес-центров, складских и офисных помещений, промышленных предприятий, медицинских учреждений. В таблице 7 представлены технические характеристики ФВП (ФЯП) [29]

Таблица 7

Технические характеристикиФВП (ФЯП)

Наименование	**ширина, мм**	**высота, мм**	**толщина, мм**	**Номинальная производительность основных стандартных типоразмеров, м3/ч**	Цена, руб

				(при скорости воздушного потока 2,7 м/с)	
ФВП-уголь-33-48(25)-G4	287	287	48(25)	800	требует расчёта
ФВП-уголь-36-48(25)-G4	287	592	48(25)	1650	требует расчёта
ФВП-уголь-66-48(25)-G4	592	592	48(25)	3400	

Фильтры типа ИФК предназначены для очистки приточного и рециркуляционного воздуха в системах вентиляции и кондиционирования от газообразных и паровых загрязнений кислой природы. Фильтры с анионообменным материалом МИОН АК-22 предназначены для очистки воздуха от кислых газов и паров: диоксид серы, фтористого водорода, хлористого водорода, бромистого водорода, диоксида азота, молекулярного хлора, брома, йода, хромого ангидрида, паров кислот: уксусной и муравьиной, аэрозолей кислот: серной, фосфорной, азотной.

Фильтры с катионообменным материалом МИОН К-5 предназначены для очистки воздуха от основных газов и паров: аммиака, гидразина, гидроксиламина, органических аминов: триметиламина, диметиламина, метиламина, полиаминов (диэтилентриамина, этилендиамина, триэтилентетрамина), аэрозолей щелочей и токсичных солей: гидроксида натрия, гидроксида лития, хлористого никеля, сернокислого никеля, хлористого кадмия, сернокислого кадмия.

Фильтры рекомендуется использовать при начальных концентрациях газообразных загрязнений не более 5-7 ПДК воздуха населенных мест.
Фильтры ИФК обеспечивают также очистку воздуха от пыли и мелкодисперсных аэрозолей с эффективностью соответствующей классу F5. [30]



Рис. 8 Ионообменный фильтр карманныйтипа ИФК

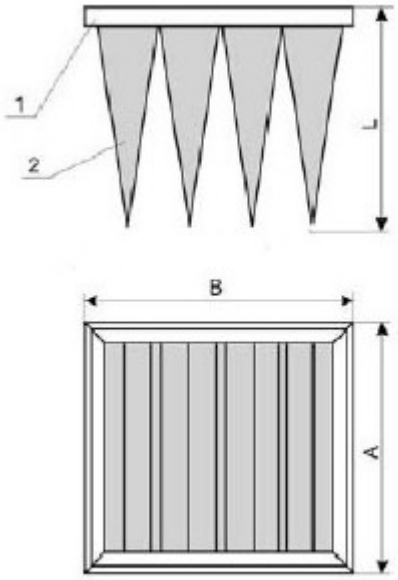

Рис.9 Схема фильтра типа ИФК.

Фильтры (рис. 9) состоят из металлической рамки 1 и ионообменного фильтрующего материала, сшитого в виде карманов 2.

Металлическая рамка фильтра может изготавливаться из оцинкованной стали, а в условиях повышенной агрессивности улавливаемых загрязнений из нержавеющей стали. В таблице 8 представлены технические характеристики ИФК [31]

Таблица 8

Технические характеристики ИФК

Габаритный размер по входному сечению, мм			Номинальная производительность, $м^3/ч$	Длина карманов L, мм	Кол-во карманов, шт.
Ширина, В	Высота, А	Цифра(ы) в индексе фильтра ИФК			
500	500	0	2500		5
287	592	1	1700		3
592	592	2	3500		6
490	287	3	1400		5
490	592	4	2900		5
305	610	5	1860	600	3
610	610	6	3700		6
592	892	7	5300		6
287	892	8	1700		3
490	892	9	4400		5
287	287	01	800		3
305	305	05	900		3

Фильтры ИФК способны очищать воздух от газообразных загрязнений кислой (окиси азота, диоксид серы, сероводород и т.п.) или щелочной (пары щелочей, аммиак и т.п.).

При очистке больших объемов воздуха фильтры ИФК могут устанавливаться в секции карманных фильтров СКФ, а фильтры ФяС-К в секции складчатых фильтров типа ССФ.[28]

Угольные фильтры

Для очистки воздуха от вредных газов и неприятного запаха часто применяют угольные фильтры.

Главное предназначение угольных фильтров — физически поглощать молекулы газа своими порами. Активированные угольные фильтры лучше других устраняют летучие и полу летучие органические соединения с довольно большой молекулярной массой. Количество фильтрующего материала угольного фильтра является одной из важных определяющих его эффективности. Очевидно, что чем больше микропор содержится в угле, тем больше газа и запахов можно устранить, и тем дольше время работы фильтра, перед тем как его поры переполнятся, и фильтр необходимо будет заменить.

Угольный фильтр с мелкодисперсным активированным углем является причиной большого сопротивления потока воздуха. Если фильтр состоит из гранул большего размера, это облегчит движение воздуха сквозь фильтр. При гофрированном дизайне фильтра, увеличивается площадь поверхности угля, что в свою очередь увеличит эффективность устранения газа (чем больше поверхность, тем больше вероятность поглощения). Но такие фильтры требует своевременной замены, так как их поглощающая способность ограничена количеством микропор. В качестве материала для фильтра мелкопористый активированный уголь. [32]

Фильтры ячейковые складчатые сорбционные (угольные) предназначены для очистки приточного, вытяжного и рециркуляционного воздуха от газообразных загрязнений, а также запахов в системах вентиляции и кондиционирования воздуха помещений различного назначения.

Применение этих фильтров позволяет обеспечить очистку воздуха до санитарных и экологических норм, а также повысить качество приточного воздуха в помещениях повышенной комфортности.



Рис. 10 фильтр ячейковый складчатый сорбционного типа ФяС-С

Как указывалось выше, фильтры ФяС-С предназначены для удаления из очищаемого воздуха газообразных и паровых загрязнений, которые сорбируются развитой мелкопористой структурой активированного угля.

Для нормальной работы фильтров ФяС-С перед ними должны устанавливаться фильтры класса F7 (например, фильтра ФяК или ФяС-F), которые обеспечивают защиту фильтрующего слоя фильтров ФяС-С от загрязнений мелкими аэрозолями, снижающими сорбционную ёмкость активированного угля.

В ходе всего периода эксплуатации, при выполнении выше указанных рекомендаций, аэродинамическое сопротивление фильтров ФяС-С остается практически неизменным.

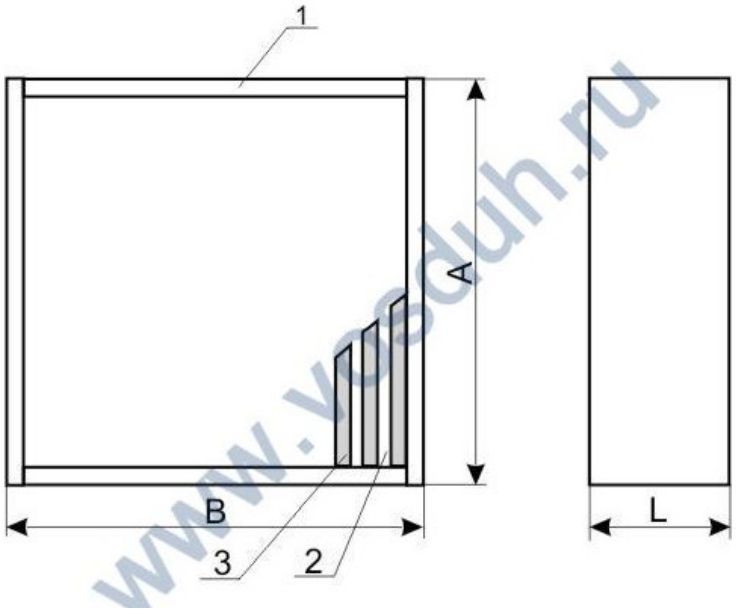

Рис. 11 Схема фильтра ФяС-С

Фильтр состоит (рис.11) из корпуса 1 (оцинкованная сталь), внутри которого складками уложен фильтрующий материал 2. Для предотвращения слипания соседних складок фильтрующего материала между ними проложены гофрированные сепараторы из алюминиевой фольги 3. Фильтрующий пакет, включающий материал с проложенными сепараторами,

герметизируется в корпусе посредством прокладки уплотняющего материала или заливки по всему периметру герметиком. В таблице 9 показаны технические характеристики фильтра ФяС-С.

Таблица 9.

Технические характеристики ФяС-С

Характеристики	Индекс фильтра ФяС-С		
	22	24	21
Производительность, $м^3$/ч, не более	3500	2900	1700
Аэродинамическое сопротивление, Па	130	130	130
Площадь фильтрации, $м^2$, не менее	12	9	6,0
Масса активированного угля, кг	4,8	3,6	2,4
Рекомендуемые параметры эксплуатации: - температура, С, не более - влажность, %, не более	 30 60	 30 60	 30 60
Сорбционная емкость, г.: - по органическим веществам; - по неорганическим веществам (SO2)	 150-1000 110	 110-750 80	 75-500 50
Габаритные размеры, мм: высота ширина глубина	 592 592 292	 592 490 292	 592 287 292
Масса фильтра, кг.	12	9,5	7

Фильтрующий материал состоит из полиэфирных волокон, между которыми внедрены мелкие гранулы активированного угля. Полиэфирные волокна в данной структуре обеспечивают каркасную основу и предотвращают вынос мелких гранул активированного угля из фильтрующего слоя.

Угольные фильтры ФяС-С имеют более широкий спектр улавливаемых веществ, так помимо вышеуказанных неорганических соединений они могут улавливать и органические газообразные соединения.[33]

Угольные фильтры компактные типа ФяС-С-К

Угольные фильтры компактные предназначены для очистки приточного, вытяжного и рециркуляционного воздуха от газообразных загрязнений, а также запахов в системах вентиляции и кондиционирования воздуха помещений различного назначения (административных, бытовых, лечебных и т.д.).

Применение этих фильтров позволяет обеспечить очистку воздуха до санитарных и экологических норм, а также повысить качество приточного воздуха в помещениях повышенной комфортности.

При очистке больших объемов воздуха фильтры ФяС-С-К устанавливаются в секцию карманного фильтра типа СКФВ.



Рис.12Угольный фильтр компактный типа ФяС-С-К

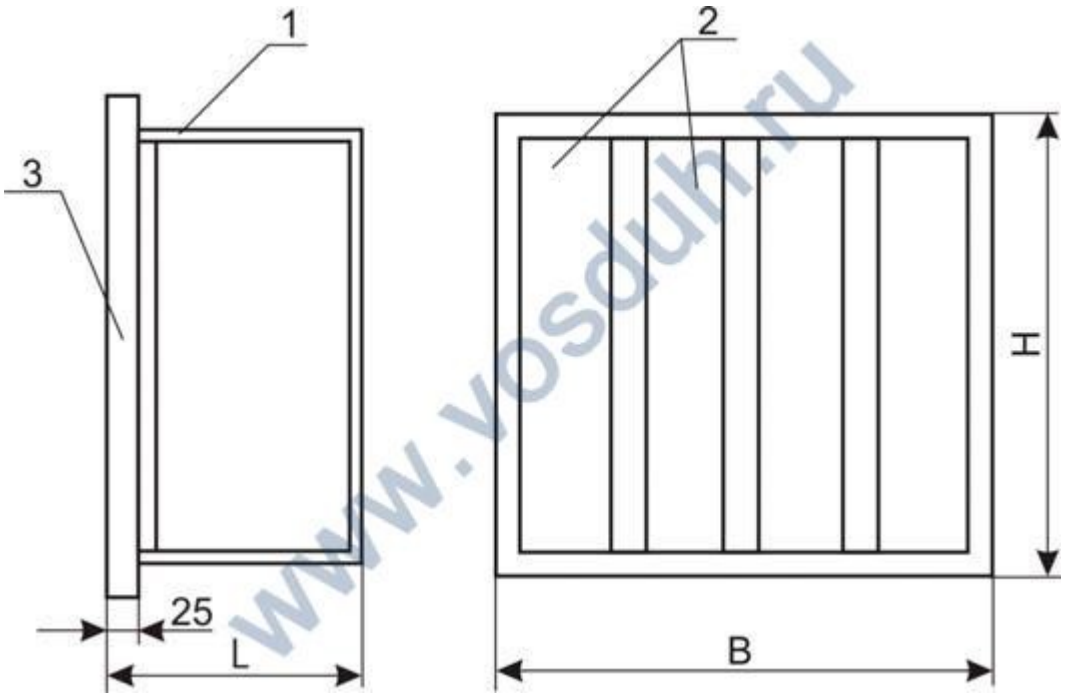

Рис. 13 Схема фильтра ФяС-С-К

Фильтр состоит из пластикового корпуса 1 (рис.13), внутри которого под углом к направлению потока воздуха установлены фильтрующие пакеты 2 из миниплиссированного угольного фильтрующего материала. Материал представляет из себя два тонких слоя синтетического материала, между которыми размещены мелкие гранулы активированного угля. Корпус фильтра имеетфланец 3, при помощи которого фильтр герметично устанавливается в проемах фильтрующих камер.В таблице 10 показаны технические характеристики фильтраФяС-С-К

Таблица 10.

Технические характеристикиФяС-С-К

Характеристики	Индекс фильтра ФяС-С-К		
	22	24	21
Производительность, $м^3$/ч, не более	3400	2800	1700
Аэродинамическое сопротивление, Па	80	80	80
Площадь фильтрации, $м^2$, не менее	8	6,0	4,0
Масса активированного угля, кг	3,0	2,2	1,5

www.vosduh.ru

Рекомендуемые параметры эксплуатации: - температура, °С, не более - влажность, %, не более	 30 60	 30 60	 30 60
Габаритные размеры, мм: высота - H ширина - B глубина - L	 592 592 292	 592 490 292	 592 287 292
Масса фильтра, кг.	9	7,6	5,0

Как указывалось выше, фильтры ФяС-С-К предназначены для удаления из очищаемого воздуха газообразных и паровых загрязнений, которые сорбируются развитой мелкопористой структурой активированного угля.

Для нормальной работы фильтров ФяС-С-К перед ними должны устанавливаться фильтры класса F7 (например, фильтра ФяК, ФяС-К, ФяС-F-ПМП или ФяС-F), которые обеспечивают защиту фильтрующего слоя фильтров ФяС-С-К от загрязнений мелкими аэрозолями, снижающими сорбционную ёмкость активированного угля.

В ходе всего периода эксплуатации, при выполнении выше указанных рекомендаций, аэродинамическое сопротивление фильтров ФяС-С-К остается практически неизменным.[34]

В тех случаях, когда атмосферный воздух имеет повышенную загрязненность (районы больших городов приближения и крупным автомобильным дорогам, промышленные зоны и т.п.), то целесообразно в приточных системах вентиляции устанавливать угольные фильтры типа СУФ

Секция угольного фильтра предназначена для очистки воздуха от газообразных, паровых (молекулярных, органических и неорганических) загрязнений, а также запахов в вытяжных системах вентиляции, например, кухни, кафе, ресторанов, очистных сооружений и т.д.



Рис. 14 Секция угольных фильтров типа СУФ

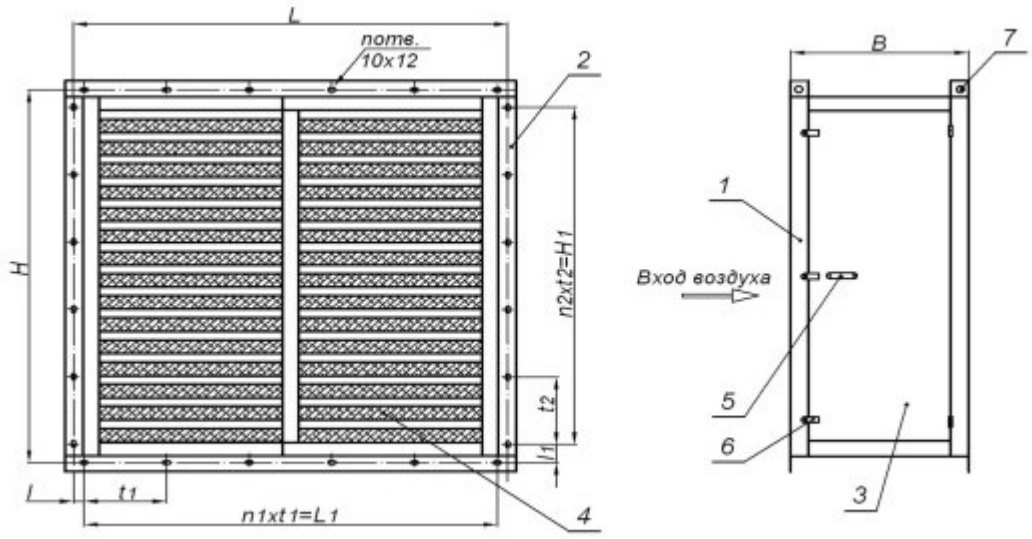

Рис. 15 Схема секции сорбционно-угольного фильтра СУФ-0

1-корпус; 2-фланец; 3-дверь; 4-фильтрующая ячейка; 5-ручка; 6-прижим; 7-проушины для строповки.

В таблице 11 показаны технические характеристики фильтраСУФ-0

Таблица 11.

Технические характеристики СУФ-0

Наименование показателя	Размер-ность	Величина					
		Марка СУФ-0					
		0/10	0/20	0/30	0/40	0/60	0/90

Номинальная производительность	$м^3$/ч	2500	5000	7500	10000	15000	22500
Начальное аэродинамическое сопротивление	Па	170 ± 10					
Рекомендуемые параметры эксплуатации Температура, не более Влажность, не более	 C %	 60 70					
Габаритные размеры, высота ширина глубина	 мм мм мм	 605 582 766	 605 1076 766	 605 1570 766	 1166 1112 808	 656 1112 808	 1656 1606 808
Масса	кг	87	134	199	288	398	554

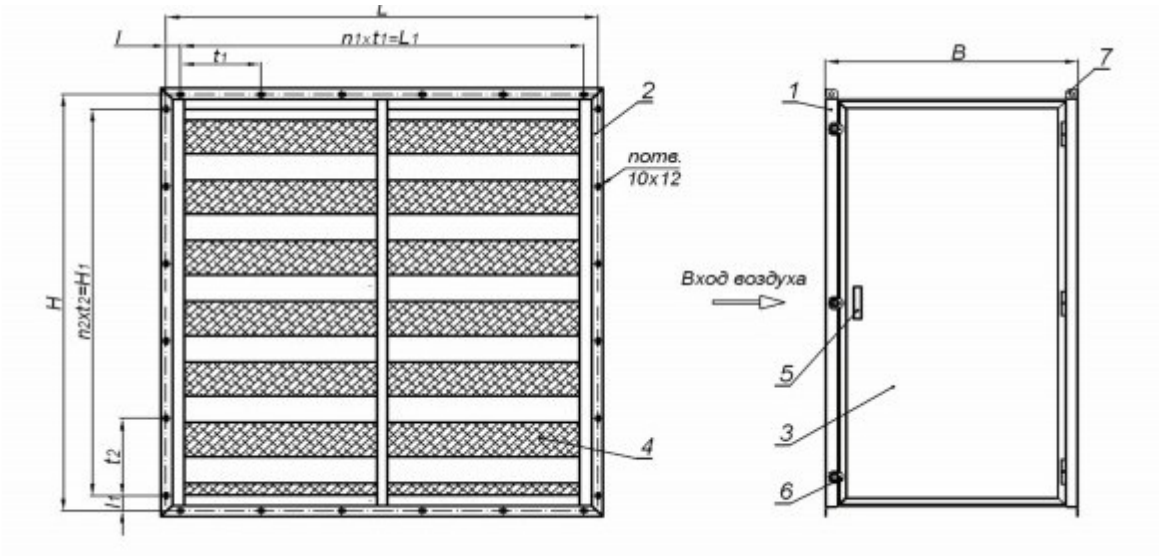

Рис. 16 Схема секции сорбционно-угольного фильтра типа СУФ-2

1-корпус; 2-фланец; 3-дверь; 4-фильтрующая ячейка (ФКСУ); 5-ручка; 6-прижим; 7-проушины для строповки.

Секция СУФ состоит из металлического корпуса (1), имеющего фланцы (2) на входе и выходе. Во фланцах имеются отверстия для соединения СУФ с соответствующими фланцами вентиляционной системы

на болтах через уплотнительную резину.Секция имеет дверь (3), через которую осуществляется доступ к фильтрующим ячейкам (5), вставляемым по П-образным направляющим в корпус СУФ. Секции СУФ-0 снаряжаются ячейками типа ЯУФ, а СУФ-2 ячейками ФКСУ. Ячейки ЯУФ и ФКСУ могут снаряжаться различными типами сорбентов: активированный уголь (различных типов и свойств), хемосробент и т.п. Секция СУФ-2 в отличие от СУФ-0, дополнительно оснащена противоуносным фильтром на выходе воздуха из СУФ-2. Это связано с тем, что в начальный период эксплуатации возможен незначительный вынос мелкой угольной пыли или хемосорбента из ячеек ФКСУ. Фильтры уплотняются в корпусе после закрытия двери. Герметизация двери с наклеенным по ее периметру уплотнением, осуществляется с помощью прижимов (6). Одновременно происходит герметизация фильтрующих элементов (5) в корпусе (1). В таблицах 12.1 и 12.2 представлены технические характеристики фильтра СУФ-2

Таблица 12.1

Технические характеристики секции СУФ-2

Наименование показателя	Размерность	Величина											
		Марка СУФ-2											
		2/1x1	2/1x2	2/1x3	2/2x1	2/2x2	2/2x3	2/3x1	2/3x2	2/3x3	2/3x4	2/3x5	2/6x5
Номинальная производительность	м³/ч	3400	6800	10200	6800	13600	20400	10200	20400	30600	40800	51000	102000
Начальное аэродинамическое сопротивление	Па	170÷240 ±10											
Рекомендуемые параметры эксплуатации, температура, не более влажность, не более	°С %	60 70											
Количество фильтров ФяГ-3(4)102	шт.	1	2	3	2	4	6	3	6	91	12	15	30
Масса	кг	150	275	395	285	500	715	410	720	1030	1375	1710	3425

Таблица 12.2

Технические характеристики секции СУФ-2

Код СУФ	L	H	L_1	H_1	t_1	t_2	l	l_1	n	n_1	n_2	B	Типоразмер стыкующихся секций СКФ
0/10	544	562	500	480	250	160	22	41	28	2	3	766	0/1x1
0/20	1037	568	1000	480	250	160	18,5	44	36	4	3	766	0/2x1
0/30	1540	571	1500	480	250	160	20	45,5	44	6	3	766	0/3x1
0/40	1056	1108	1000	1000	200	200	28	54	44	5	5	808	0/2x2
0/60	1066	1626	1000	1400	200	200	33	113	56	5	7	808	0/2x3
0/90	1576	1615	1505	1540	215	220	35,5	37,5	64	7	7	808	0/3x3
2/1x1	646	684	600	570	200	190	23	57	32	3	3	805	2/1x1
2/1x2	646	1296	600	1140	200	190	23	78	44	3	6	805	2/1x2
2/1x3	646	1906	600	1710	200	190	23	98	56	3	9	805	2/1x3
2/2x1	1260	684	1200	570	200	190	30	57	44	6	3	805	2/2x1
2/2x2	1260	1296	1200	1140	200	190	30	78	56	6	6	805	2/2x2
2/2x3	1260	1906	1200	1710	200	190	30	98	68	6	9	805	2/2x3
2/3x1	1836	684	1800	570	200	190	18	57	56	9	3	805	2/3x1
2/3x2	1836	1296	1800	1140	200	190	18	78	68	9	6	805	2/3x2
2/3x3	1836	1906	1800	1710	200	190	18	98	80	9	9	805	2/3x3
2/3x4	1836	2520	1800	2280	200	190	18	120	92	9	12	805	2/3x4
2/3x5	1836	3130	1800	2850	200	190	18	140	104	9	15	805	2/3x5
2/6x5	3708	3130	1800	2850	200	190	18	140	104	9	15	805	2/6x5

В многоступеньчатой системе очистки угольные фильтры СУФ следует устанавливать перед последней ступенью очистки.[35]

Таблица 13

Сравнение фильтров по степени очистки воздуха и их техническим характеристикам.

	ИФК	ФяС-С	ФяС-С-К	СУФ-0	СУФ-2	ВУФ
Предназначение	Очистка воздуха от газообразных и паровых загрязнений кислой	Очистка воздуха от газообразных и паровых загрязнений, которые сорбируются	Очистка воздуха от газообразных загрязнений и от запахов в системе	Очистка воздуха от газообразных и паровых загрязнений , а так же	Очистка воздуха от газообразных, паровых загрязне	Очистка воздуха от газовых потоков, токсичных и вредных веществ в

	природы, а так же многих органич. вещ.	мелкопористой структурой актив.угля	вентиляции	запахов в системе вентиляции	ний и от запахов в системе вентиляции	широком диапазоне	
Масса, кг	3-6	7-12	5-9	87-554	150-3425	1050	
Нормированная производительность, $м^3$/ч	800-5300	1700-3500	1700-3400	2500-22500	3400-102000	200-30000	
Размеры, мм	длина	600	292	292	766-808	805	1680
	ширина	287-610	287-592	287-592	582-1606	646-3708	1306
	высота	287-892	592	592	605-1656	684-3130	1680
Аэродинамическое сопротивление, Па	115-450	130	80	170±10	410±10	500	
Температура, ^{0}C	40	30	30	60	60	5-50	
влажность, %	40	60	60	70	70	10-90	

В данной таблице были рассмотрены основные характеристики 6 фильтров. Наиболее эффективный по работе очистке воздуха в ЧПП является вертикальный ионитно-угольный фильтр ВУФ. Указанный фильтр очищает воздух от большого ряда органических веществ и разных химических вредных веществ в широком диапазоне производительности: от 200-30000 $м^3$/час. При этом для остальных фильтров производительность начальная с 1700 $м^3$/час, что показывает не эффективную фильтрацию вредных веществ в ЧПП.

3.3. Вертикальный ионитно-угольный фильтр ВУФ.

Однако из всех перечисленных фильтров наиболее эффективный по очистке воздуха от вредных веществ является **вертикальный ионитно-угольный фильтр ВУФ.**

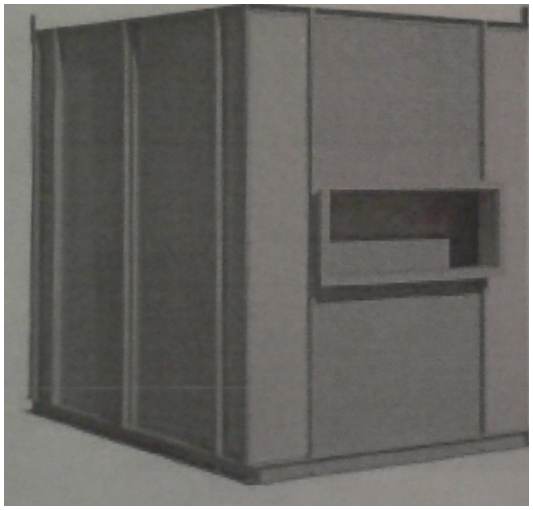

Рис. 17. Вертикальный ионитно-угольный фильтр ВУФ

Фильтр ВУФ предназначен для эффективной фильтрации и очистки газовых потоков от токсичных и вредных веществ в широком диапазоне производительности: от 200 до 30000 $м^3$/час.

Адсорбционный слой для очистки воздуха от газообразных токсичных веществ состоит из газообразных токсичных веществ, состоит из насыщенного слоя гранульных сорбентов (активированный уголь, хемосорбенты) и слоев волокнистых ионообменных (хемосорбционных) фильтроматериалов.

Высота сорбционного слоя рассчитывается в соответствии с технологическими требованиями (требуемое время контакта, объем воздушного потока, перепад давления и т.п.).

Инженерное решение фильтров обеспечивает эффективный контакт между активированным углем и потоком газа.

В таблице 14

Уровень поглощения активированным углем различных веществ.

Вещество		Вещество		Вещество	
Ацетон	3	Масляная кислота	4	Углекислый газ	-
Ацетальдегид	4	Хлор	1	Растворители	4
Акролеин	1	Хлороформ	4	Метакрилат	4
Алкоголь	4	Пары диз. масла	3	Метан	1
Анестетическое средство	3	Уксусная кислота	4	Метиловый спирт	3
Эфиры	3	Дезинф. Средства	4	Меркаптаны	2
Эфирные масла	4	Формальдегид	2	Фенол	4
Этан	1	Запах фруктов	4	Фосген	3
Этилен	1	Бытовые запахи	4	Пропан	2
Этилацетат	4	Йод	4	Запах пота	4
Амины	2	Диоксид серы	2	Тетрахлористый метан	4
Аммиак	4	Запах трав	4	Терпентин	4
Бензин	4	Косметика	4	Запах табака	4
Бензол	4	Больничный запах	4	Толуол	4
Бутан	2	Крезол	4	Скатол,индол	4

В таблице 15.1

Уровень поглощения волокнистыми ионитами (хемосорбентами) различные вещества.

Вещество	Вещество	Вещество

Аммиак	4	Диоксид серы	4	Уксусная кислота	4
Амины	4	Хлористый водород	4	Сероводород	4
Акролеин	2	Хлор, бром, йод	4	Фенол	2
Пары кислот	4	Гидразин	4	Диоксид азота	3

В таблице 15.2

Уровень поглощения волокнистыми ионитами (хемосорбентами) различные вещества.

4 = очень хорошая адсорбция	2 = слабая адсорбция
3 = хорошая адсорбция	1 = очень слабая адсорбция

Технология очистки воздушных выбросов **фильтром ВУФ** основана на поглощении активированным углем, хемосорбентом и волокнистымифильтроматериалами веществ, содержащихся в воздушном потоке.

Поглощение веществ активированным углем происходит за счет проникновения вредных веществ в поры угля, постепенного заполнения пор и последующего удержания веществ в порах.

Процесс поглощения (физической адсорбции) идет только на поверхности пор активированного угля, и представляет собой увеличение концентрации веществ на границе раздела фаз (газ-твердое тело), при этом поглощаемые вещества не диффундируют в глубь активированного угля и не распределяются по его объему.

В случае адсорбции органических веществ на активированном угле преобладают физические силы взаимодействия атомов активированного угля и молекул органического вещества (межмолекулярное взаимодействие Ван-

дер-Вальса). Это взаимодействие приводит к тому, что молекулы органического вещества удерживаются в течение некоторого времени на границе фаз.

При химической адсорбции в слое гранульных и волокнистых сорбентов происходит химическое взаимодействие молекул поглощаемых веществ с активными центрами или функциональными группами ионитов (хемосорбентов), результатом, которого является образование новых химических соединений в фазе сорбентов. В таблицах 16.1-16.3 представлены технические характеристики вертикального ионитно-угольного фильтра ВУФ. [36]

Таблица 16.1.

Технические характеристики фильтра ВУФ

Номинальная производительность	200-30000 $м^3$/час
Температура очищаемого воздуха	5-50^0C
Влажность очищаемого воздуха	10-90%
Аэродинамическое сопротивление	500Па
Концентрация загрязняющих веществ в очищаемом воздухе	До 20мг/$м^3$
Степень очистки	80-95%

Таблица 16.2.

Технические характеристики фильтров ВУФ

Область применения фильтров ВУФ:	**Преимущества использования фильтров ВУФ:**
• Предприятия производства и переработки полимерных материалов • Предприятия лакокрасочной	• Возможность очистки большого ряда органических веществ и разных химически вредных веществ

отрасли • Фармацевтические производства • Производство ДСП, ДВП, фанеры • Производство кожи и обуви • Пищевое производство • Химическое производство • Нефтегазоперерабатывающая промышленность • Микроэлектронное производство	• Низкое энергопотребление фильтра • Нет необходимости в применении пара или инертных газов для процесса десорбции • Не требует сложного монтажа, монтируется по месту • Невысокая стоимость фильтра

Таблица 16.3

Технические характеристики фильтров ВУФ

Наименование	**Значение**	**Ед. измерения**	**Примечание**
Габаритные размеры			
Длина	1680	мм	
Ширина	1306	мм	
Высота	1376	мм	
Масса	1050	кг	
Концентрация	10;20	мг/м^3	10 - водонерастворимой пыли; 20 - улавливаемых веществ
Производительность	200-30000	м^3/ч	
Сопротивление	500	Па	

аэродинамическое			
Степень очистки	80..95	%	
Условия хранения	закрытые помещения		

3.4. Расчет вертикально ионитно-угольного фильтра ВУФ.

Цель работы: по исходным данным рассчитать степень очистки и гидравлическое сопротивление Δрвертикально ионитно-угольного фильтра ВУФ для его эффективной работы.

Исходные данные для выполнения работы:

ТолщинаН= 400 мм;

Эквивалентный диаметр гранул $d_э$ = 5 мм;

Порозность слоя ε = 0,65;

Скорость фильтрования $\omega_ф$ = 0,4 м/с;

Продолжительность фильтрования 50 мин.;

Плотность газа (аммиак) $\rho_{0г}$ = 0,77 кг/м^3;

Вязкость газа (аммиак) $\mu_{0г}$ = 10,3*10^{-6} Па;

Температура газа Т = 27 ^{0}С ;

Барометрическое давление $Р_{бар}$ = 100 кПа;

Разрежение перед аппаратом 500 Па;

Начальная количество вредных веществ(аммиак)z_0 = 25 г/м^3;

Плотность частиц вредных веществ (аммиак) $\rho_{вр.вещ.}$ = 6 г/см^3;

Среднемедианный диаметр частиц вредных веществ (аммиак) d_m = 22 мкм;

Логарифм среднеквадратичного отклонения размеров частиц вредных веществ (аммиак) $lg\sigma_{вр.\ вещ.}$ = 0,65.

Коэффициент α = 0,877*10^{-7};

Коэффициент $\beta = 2{,}57*10^{-11}$;

Порядок проведения расчетов:

1. Коэффициент захвата при заданном режиме работы слоя определяется по формуле: $K_{сл} = \frac{H^{0.25} d_m \rho_{вр.вещ}}{\omega_ф^{0,5} d_э^{1,5} \mu}$

2. Степень очистки газа гранулированным слоем, в долях от единицы определяется по формуле : $\eta = 1 - \exp[-K_{сл}(\alpha+\beta t]$

3. Плотность газа перед фильтром при рабочих условиях (кг/м^3) определяется по формуле : $\rho_г = \rho_{0г} \frac{273(P_{бар} - P_г)}{(273 + T)*101{,}3}$

4. Количество вредных веществгаза перед фильтром при рабочих условиях определяется по формуле (г/см^3) : $z' = z_0 \frac{273(P - P_г)}{(273+T)*101{,}3}$

5. Гидравлическое сопротивлениегранулированного слоя после регенерации с учетом оставшейся в нем количества вредных веществ (Па) определяется по формуле : $\Delta p_1 = \frac{13{,}3(1-\varepsilon)\rho_г H \omega_ф^2}{\varepsilon^2 d_э}$

6. Прирост сопротивления слоя за счет уловленных вредных веществ (Па) определяется по формуле :$\Delta p_2 = \frac{19{,}7*10^{-6} \omega_ф z_1 t_ф \eta}{d_э^2 d_m^{0,5}}$

7. Гидравлическое сопротивление слоя перед регенерацией (Па) определяется по формуле : $\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2$

Расчет фильтра :

1. $K_{сл} = \frac{H^{0.25} d_m \rho_{вр.вещ}}{\omega_ф^{0,5} d_э^{1,5} \mu} = \frac{0,4^{0,25} * 22 * 10^{-6} * 4000}{0,4^{0,5} * 0,005^{1,5} * 10,3 * 10^{-6}} = 3,0 * 10^7$

2. $\eta = 1 - \exp[-K_{сл}(\alpha+\beta t]$ = 1 – exp*[-3,0*10^7*(0,887*10^{-7}+2,57*10^{-11}*3000)] = 0.928

3. $\rho_г = \rho_{0г} \frac{273(P_{бар} - P_г)}{(273 + T) * 101,3} = 0,77 * \frac{273(100-0,5)}{(273+27)*101,3}$ = 0.688 кг/м^3

4. $z' = z_0 \frac{273(P - P_г)}{(273+T)*101,3} = 25 \frac{273(100-0,5)}{(273+27)*101,3}$ = 22,345 г/м^3

5. $\Delta p_1 = \frac{13,3(1-\varepsilon)\rho_г H \omega_ф^2}{\varepsilon^2 d_э} = \frac{13,3*(1-0,65)*0.688*0,5^2*0,4}{0,65^2*0,005}$ = 151,604Па

6. $\Delta p_2 = \frac{19,7*10^{-6} \omega_ф z_1 t_ф \eta}{d_э^2 d_m^{0,5}} = \frac{19,7*10^{-6}*0,4*0,688*3000*0,928}{0,005^2*(22*10^{-6})^{0,5}}$ =2742Па

7. $\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2$=151,604 +2742 = 2893.604 Па $\approx$ 2,9 кПа

Вывод:

По имеющимся исходным данным данный фильтр удовлетворяет критерии требования по степени очистки и гидравлическому сопротивлению перед регенерацией и равны η = 0,928 и Δp = 2,9 кПа.[37]



Рисунок 18**.** Чистая комната с упорядоченной однонаправленной циркуляцией и низкой скоростью движения воздуха

1- место установки вертикального инитно-угольного фильтра ВУФ.

4. Инженерная часть

«**Чистое помещение** – помещение, в котором контролируется концентрация взвешенных в воздухе частиц и которое построено и используется так, чтобы свести к минимуму поступление, выделение и удержание частиц внутри помещения, и в котором, по мере необходимости, контролируются другие параметры, например; температура, влажность и давление».

По пределам максимальной концентрации (число частиц/м^3 воздуха) в диапазоне размеров частиц от 5 до 0,1 мкм чистые помещения подразделяются на **классы ИСО (ISO)**, сведения о которых приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Максимальное содержание частиц в 1 м^3 воздуха для помещений различных классов чистоты по ГОСТ ИСО 14644-1

Класс чистоты	Размер частиц, мкм					
	≥ 0,1	≥ 0,2	≥ 0,3	≥ 0,5	≥ 1,0	≥ 5,0
1 ИСО	10	2				
2 ИСО	100	24	10	4		
3 ИСО	1 000	237	102	35	8	
4 ИСО	10 000	2 370	1 020	352	83	
5 ИСО	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
6 ИСО	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
7 ИСО				352 000	83 200	2 930
8 ИСО				3 520 000	832 000	29 300
9 ИСО				35 200 000	8 320 000	293 000

Итак, в качестве основных загрязнений выступают взвешенные в воздухе частицы, которые могут попадать в чистое помещение как из окружающего воздуха, так и выделяться внутри помещения. Вот далеко не полный перечень того, что может содержать окружающий нас воздух: пыль, цветочная пыльца, табачный дым, смог, бактерии, вирусы, грибки и т. д. Внутри помещения основным источником частиц является человек, например, при интенсивном движении человек выделяет до 10 млн частиц размером от 0,5 мкм и более в минуту. Также источником загрязнений является технологическое оборудование – частицы покрытия и материалов.

В среднем в чистом помещении поступления микрозагрязнений на 70–80 % – от человека, 15–20 % – от оборудования и только 5–10 % – с окружающим воздухом через неплотности ограждающих конструкций. В зависимости от области использования чистого помещения доля источников микрозагрязнений может изменяться, например, в микроэлектронике доля человека составляет 35 %. Более подробную информацию можно найти в [4].

Для того чтобы снизить поступление микрозагрязнений из пространства, окружающего чистое помещение, применяются определенные архитектурно-планировочные решения:

- специальные ограждающие конструкции: стеновые самонесущие сэндвич-панели, потолки (легкие, кассетные, панельные), обладающие повышенной герметичностью, окна;

- специальные конструкции входных групп: двери (распашные, раздвижные, застекленные, с автоматическим открыванием и т. д), тамбур-шлюзы, передаточные материальные шлюзы-боксы.

Снижению поступления вредностей из соседних помещений также способствует поддержание избыточного давления в чистом помещении.

Для компенсации вредностей, выделяемых персоналом, применяется метод разбавления вредностей путем подачи чистого воздуха. Для очистки приточного воздуха применяются многоступенчатые системы фильтрации, в состав которых входят высокоэффективные HEPA (High Efficiency Particulate Air) и даже ULPA-фильтры (Ultra Low Penetration Air). Классы фильтрации [5], соответствующие этим фильтрам, приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Классификация фильтров

Группа фильтров	Класс фильтра	Значение эффективности, %	Примечание
Фильтры общего назначения			
Фильтры грубой очистки (предварительные фильтры)	G1	менее 65	Эффективность определяется по синтетической пыли с крупными частицами (более 2 мкм).
	G2	от 65 до 80	
	G3	от 80 до 90	
	G4	свыше 90	
Фильтры тонкой очистки	F5	от 40 до 60	Эффективность определяется по атмосферной пыли, содержащей, в том числе, мелкие частицы (менее 1 мкм).
	F6	от 60 до 80	
	F7	от 80 до 90	
	F8	от 90 до 95	
	F9	свыше 95	
Фильтры специального назначения			
Фильтры высокой эффективности (HEPA)	H10	85	Эффективность определяется по пыли с особо мелким частицам (ориентировочно от 0,1 до 0,5 мкм).
	H11	95	
	H12	99,5	
	H13	99,95	
	H14	99,995	

Фильтры сверхвысокой эффективности (ULPA)	U15	99,9995	
	U16	99,99995	
	U17	99,999995	

В соответствии с назначением чистого помещения (микроэлектроника, космическая промышленность, здравоохранение, фармацевтика и т. д.) и в зависимости от его класса существуют типовые решения, регламентирующие количество ступеней очистки воздуха и класс фильтров. Например, для производства стерильных лекарственных средств в чистых помещениях 5 класса ИСО рекомендуется применять три ступени очистки с фильтрами классов F5, F9, H14. Причем если фильтры грубой и тонкой очистки могут быть размещены непосредственно в приточной установке, то HEPA-фильтры, как правило, размещаются в потолке чистого помещения в так называемых фильтрах прямой раздачи воздуха.

Основные особенности чистых помещений, на которые следует обращать внимание при проектировании систем вентиляции

1. Наличие ограждающих конструкций с повышенной герметичностью.

Превышение расхода приточного воздуха над вытяжным может привести к неконтролируемому превышению величины избыточного давления в чистом помещении и, как следствие, к короблению ограждающих конструкций и нарушению герметичности помещения.

Решение. Необходимость поддержания и контроля величины избыточного давления в чистом помещении.

2. Наличие тамбур-шлюза.

При наличии избыточного давления в чистом помещении открытие тамбур-шлюза сопровождается значительным уменьшением величины избыточного давления (вплоть до выравнивания давлений в чистом и «грязном» помещениях). Например, избыточное давление в 5 Па не может гарантировать отсутствие попадания вредностей из соседнего «грязного» помещения через дверной проем.

Решение. Необходимость поддержания и контроля величины избыточного давления в чистом помещении.

3. Наличие высокоэффективных HEPA-фильтров в составе системы вентиляции чистого помещения.

Применение в чистых помещениях фильтров классов H11–H14 – это основная причина, значительно отличающая процедуру проектирования системы вентиляции чистого помещения от проектирования вентиляции обычного помещения. Почему?

Системы вентиляции обычных помещений относятся к системам с постоянным расходом воздуха – CAV (const air volume) системам. Сопротивление сети в CAV-системах, как правило, незначительно изменяется в процессе эксплуатации. Таким образом, будучи один раз отбалансированными они не изменяют своих характеристик во времени.

Несколько иначе обстоят дела с системами вентиляции чистых помещений. Характерной особенностью HEPA-фильтров является значительное начальное сопротивление (сопротивление чистого фильтра) и, что особенно важно, значительный диапазон изменения сопротивления фильтра. Например, сопротивление чистого фильтра класса H14 достигает 350 Па, а конечное (при достижении этого перепада давления фильтр заменяется) – 650 Па. Если не применять специальных способов, то из-за значительного изменения гидравлического сопротивления HEPA-фильтров в процессе эксплуатации сопротивление всей вентиляционной сети также изменяется. А это значит, что изменяются расходы воздуха, поступающие в чистые помещения, то есть без принятия специальных мер для компенсации сопротивления фильтров системы вентиляции чистых помещений будут относиться к системам с переменным расходом воздуха – VAV-системам (variable air volume).

Налицо противоречие – по технологии расходы воздуха, подаваемые в чистые помещения, не должны меняться в процессе эксплуатации, то есть по назначению система вентиляции чистых помещений относится к CAV-

системе. Необходимо здесь также отметить следующую особенность применения HEPA-фильтров. Если чистое помещение не одно, а их несколько и в каждом помещении используются фильтры различного класса либо необходимы разные расходы приточного воздуха, то сопротивление веток с этими фильтрами меняется не одинаково. Это значит, что в процессе эксплуатации чистых помещений, даже в первоначально отбалансированных ветках сети, расходы воздуха будут все больше и больше отличаться от требуемых. Для компенсации этого эффекта необходимо применять специальные меры. В отечественной практике часто используют частотное регулирование. Однако приточная установка с частотным регулированием в сети с переменным сопротивлением способна поддерживать только суммарный расход и поэтому может быть эффективна только для единичного помещения.

Решение. Использование CAV-регуляторов расхода.

Используя CAV-регулятор можно VAV-систему перевести в CAV-систему. Идея заключается в том, чтобы сопротивление системы CAV-регулятор + HEPA-фильтр было постоянным в процессе эксплуатации. А для этого необходимо, чтобы при росте сопротивления HEPA-фильтра сопротивление CAV-регулятора пропорционально уменьшалось. Реализация этого алгоритма позволит сохранить постоянным расход воздуха, подаваемого в чистое помещение, и обеспечить автоматическую балансировку нескольких чистых помещений в процессе эксплуатации даже при отсутствии частотного регулирования.

CAV-регулятор представляет собой однолепестковый клапан с центральной осью вращения (рис. 1). Лепесток клапана соединен с пружиной, стремящейся открыть клапан. Под лепестком расположен небольшой пластиковый мешок с отверстием. Увеличение натяжения пружины увеличивает усилие открытия лепестка и, как следствие, изменяет настройку клапана на больший расход. При поступлении потока воздуха в регулятор мешок надувается и стремится закрыть клапан, а предварительно натянутая пружина стремится его открыть. Окончательно две

силы уравновешиваются, и лепесток занимает положение, соответствующее заданному расходу воздуха, то есть поддержание постоянного расхода воздуха реализуется без использования электрических или пневматических приводов.

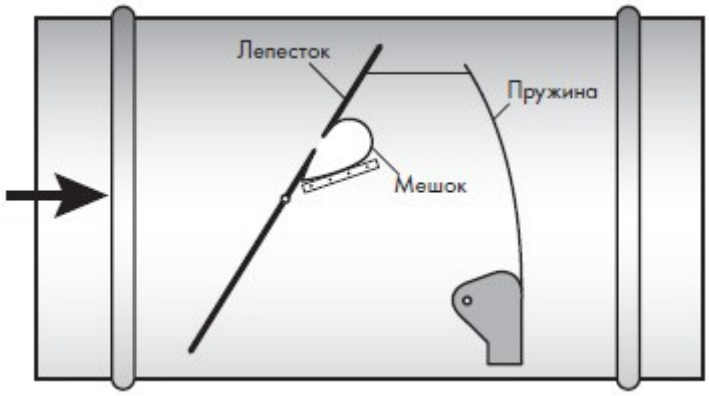

Рисунок 1.

Схема функционирования CAV-регулятора

CAV-регуляторы могут быть круглыми диаметром от 100 до 400 мм, с расходом воздуха от 80 до 5 000 м^3/ч и прямоугольными с сечением от 200 х 100 мм до 600 х 600 мм с расходом от 144 до 12 100 м^3/ч.

CAV-регуляторы обладают рядом характерных особенностей, на которые следует обращать внимание при их использовании:

- требуемый минимальный напор для функционирования регулятора 50 Па;

- для каждого размера CAV-регулятора существует свой рабочий диапазон расходов – Vmin, Vmax. Например, для диаметра 160 – 216–884 м^3/ч, соответственно, для диаметра 200 – 324–1 294 м^3/ч;

- уровень мощности шума, генерируемого CAV-регулятором, зависит не только от расхода воздуха, но и от падения давления на регуляторе.

Пример выбора типоразмера CAV-регулятора

На притоке в чистых помещениях применяется следующая комбинация (рис. 2): CAV-регулятор + шумоглушитель (при необходимости) + отсечной клапан (при необходимости) + фильтр прямой раздачи воздуха со сменным фильтром 11 или 13 классов чистоты (H13, H14).

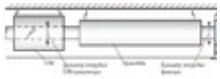

Рисунок 2

CAV + фильтр прямой раздачи

воздуха

Фильтр прямой раздачи воздуха устанавливается непосредственно в чистом помещении и представляет собой герметичный корпус с контуром герметизации HEPA-фильтра и воздухораздающего устройства (ВРУ). ВРУ могут быть различного исполнения – перфорированные, вихревые или струйные. Фильтры прямой раздачи воздуха могут иметь круглые или прямоугольные патрубки, расположенные сбору или сверху.

Для определенности рассмотрим вариант: фильтр прямой раздачи воздуха с установленным в него HEPA-фильтром 575 х 575 х 78 мм и вихревым диффузором размером 600 х 600 мм. Патрубок – круглый боковой. Возможные диаметры патрубков – 198, 248, 298 мм. HEPA-фильтр при уровне мощности шума в помещении до 40 дБ(А) может пропускает 970 м^3/ч, а вихревой диффузор только 600 м^3/ч.

Вариант 1. Фильтр H11

Начальный/конечный перепад давления на HEPA-фильтре – 125/250 Па. Расход воздуха ограничен вихревым диффузором и составляет 600 м^3/ч. Минимальный перепад давления на CAV-регуляторе принят равным 50 Па. Допустимый уровень звукового давления в чистом помещении не более 35 дБ(А).

Максимальный перепад давления комплекса CAV-регулятор + HEPA-фильтр складывается из их сопротивлений в конечном состоянии и равен 50 + 250 = 300 Па. В процессе эксплуатации это сопротивление не должно меняться. Тогда в начальный момент времени, когда сопротивление чистого HEPA-фильтра равно 125 Па, сопротивление CAV будет составлять 300 – 125 = 175 Па. Результаты подбора диаметра CAV-регулятора представлены в табл. 3.

Таблица 3 - Результаты подбора диаметра CAV-регулятора

Ди	Ди	З	З	З	З	Т	Диа

аметр патруб. фильтра, мм	аметр CAV, мм	вук. давл. канал, дБ(А)	вук. давл. корпус, дБ(А)	вук. давл. канал, дБ(А)	вук. давл. корпус, дБ(А)	оч-ность, %	пазон расхода, м^3/ч
		без глушителя		с глушителем			
-	160	49	37	35	37	5–6	216–600
200	200	45	33	36	33	7–8	324–600
250	250	42	31	34	31	9–10	522–600
315	-						

Допустимому уровню звукового давления удовлетворяют комбинации диаметром 200 и 250 мм. Видно, что наличие канального глушителя шума обязательно.

В том случае, когда чистое помещения должно функционировать в двух режимах: рабочем (дневной) – 600 м^3/ч и режиме проветривания (ночной) – 300 м^3/ч, выбор диаметра CAV-регулятора будет однозначным – 200. Для обеспечения двухрежимного функционирования помещения CAV-регулятор необходимо оснастить электрическим приводом.

Если CAV-регулятор устанавливается непосредственно в чистом помещении, то уровень шума, генерируемый CAV через корпус, может превышать допустимый уровень звукового давления в помещении. В этом случае для снижения шума CAV-регулятор может поставляться с корпусом, покрытым шумоизолирующим материалом.

Вариант 2. Фильтр H13

Начальный/конечный перепад давления – 300/600 Па. Расход воздуха ограничен вихревым диффузором и составляет 600 м^3/ч. Минимальный перепад давления на CAV-регуляторе принят равным 50 Па. Допустимый уровень звукового давления в чистом помещении не более 35 дБ(А).

Максимальный перепад давления комплекса CAV + HEPA-фильтр складывается из сопротивления CAV и сопротивления фильтра в конечном

состоянии и равен 50 + 600 = 650 Па. В начальный момент времени, когда HEPA-фильтр чистый и его сопротивление равно 300 Па, сопротивление CAV будет составлять 650 – – 300 = 350 Па. В табл. 4 представлены результаты подбора диаметра CAV-регулятора.

Таблица 4 - Результаты подбора CAV-регулятор

Диаметр патруб, мм	Диаметр CAV, мм	Звук. давл. канал, дБ(А)	Звук. давл. корпус, дБ (А)	Звук. давл. канал, дБ (А)	Звук. давл. корпус, дБ (А)	Точ-ность, %	Диапазон расхода, $м^3/ч$
		без глушителя		с глушителем			
-	160	56	54	40	419*	5–6	216–600
200	200	51	59	34	39 (16*)	7–8	324–600
250	250	50	58	34	38 (13*)	9–10	522–600
315	-						

* Корпус CAV-регулятора с шумопоглощающим покрытием.

Для того чтобы удовлетворять требованиям акустики при использовании фильтра H14, не только необходимо использовать канальный глушитель шума, но и CAV-регулятор должен иметь заводское шумоглушащее покрытие. Воздуховоды до и после CAV-регулятора также должны иметь шумоглушащее покрытие.

Необходимо отметить, что применение канальных глушителей шума требует увеличения напора, развиваемого приточной установкой.

Характерной конструктивной особенностью CAV-регуляторов является невозможность его полного закрытия, то есть CAV-регулятор не может выполнять функции отсечного клапана. Для «грязных» помещений возможность отсечь ветку при замене фильтра является необходимым

условием. Для этих помещений CAV-регулятор должен быть доукомплектован отсечным клапаном.

С целью уменьшения монтажного размера, необходимого для размещения CAV-клапана и отсечного клапана, можно воспользоваться VAV-регулятором с функцией поддержания постоянного расхода. VAV-регулятор – клапан с электрическим или пневматическим приводом и управляющим контроллером. В зависимости от назначения VAV-регулятор может выполнять функции CAV-регулятора с возможностью поддержания постоянного или нескольких расходов, а также может выполнять функции отсечного клапана.

Если VAV-регулятор укомплектовать датчиком перепада давления, он может быть использован для поддержания избыточного давления в чистых помещениях или разрежения в «грязных» помещениях.

Список возможных задач, для решения которых целесообразно использовать VAV-регулятор

1. Поддержание постоянного расхода с возможностью полного закрытия клапана. Использование привода с возвратной пружиной позволяет закрыть клапан при отключении электропитания.

2. Поддержание заданных параметров в помещении путем изменения расхода воздуха по сигналу с внешнего датчика. Возможно поддержание следующих параметров – температуры, концентрации CO_2, влажности.

3. Изменение расхода с помощью управляющего сигнала.

4. Поддержание избыточного давления в помещении или разрежения.

5. Ограничение избыточного давления в канале или перепада давления между каналами.

6. Для агрессивных сред используются специальные пластики или нержавеющая сталь в качестве материала корпуса.

Конструктивно VAV-регуляторы могут быть:

- круглые: D100–400 мм с диапазоном расходов 40–6 000 $м^3$/ч;

- прямоугольные: 200 х 100 – 1 000 х 1 000 с расходом 30–36 400 $м^3$/ч.

Минимально допустимый перепад на VAV-регуляторе – 50 Па. Диапазон регулирования расхода – стандартно 1:4, а в зависимости от типа контроллера – 1:10.

Для использования в чистых помещениях особый интерес представляют VAV-регуляторы с функциями поддержания давления. В качестве контроллера используется контроллер фирмы BELIMO – VRP STP. В качестве датчика давления – мембранный датчик фирмы BELIMO – VFP 100.

Возможные диапазоны поддержания избыточного давления комплексом VRP STP + VFP 100 представлены в табл. 5.

Таблица 5

Возможные диапазоны поддержания избыточного давления комплексом VRP STP + VFP 100

Номинальный перепад, Па	Максимальный поддерживаемый перепад, Па
100	до 30
50	до 15
25	до 7,5

Выбор требуемого значения избыточного перепада давления в помещении и определение, относительно какого помещения его необходимо поддерживать, являются задачами технолога.

На рис. 3 показано чистое помещение с функцией поддержания избыточного давления воздуха.

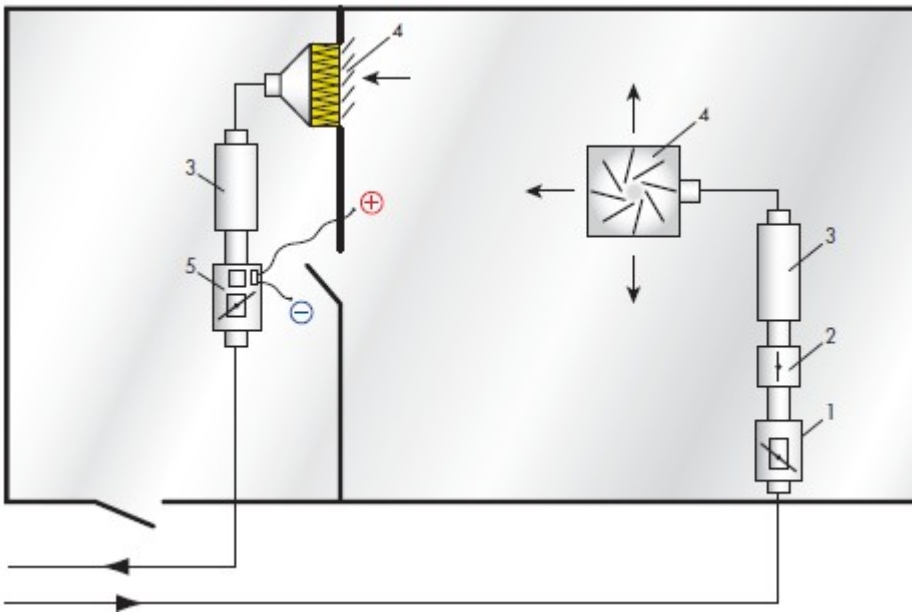

Рисунок 3.

Схема чистого помещения с функцией поддержания избыточного давления воздуха:

1 – CAV-регулятор с приводом для использования в двух режимах эксплуатации чистого помещения;

2 – отсечной клапан;

3 – глушитель;

4 – диффузор;

5 – VAV-регулятор с функцией поддержания давления

Подбор типоразмера VAV осуществляется по алгоритму, подобному выбору CAV-регулятора. Зная расход воздуха, допустимый уровень звукового давления в помещении и перепад давления на VAV-регуляторе, выбирается сечение регулятора, а также наличие шумоглушителя или/и шумоглушащего покрытия корпуса клапана.

Как правило, в VAV-регуляторах применяется электропривод. Время полного открытия клапана со стандартным приводом составляет 90 с. Что может случиться за это время?

Рассмотрим в качестве примера чистое помещение с тамбуром. Тамбур-шлюз открывается. Из-за утечек через тамбур-шлюз давление в чистом помещении начинает падать. Поддерживая избыточное давление в

помещении, VAV-регулятор начинает закрываться. При полностью открытом шлюзе VAV-регулятор закроется полностью. Затем тамбур начинает закрываться, давление растет и VAV-регулятор открывается. До расчетного положения регулятора необходимо 90 с. За это время давление в помещении может существенно превысить допустимый предел. Выход из ситуации – использование или высокоскоростных (более дорогих) электрических приводов, или приводов пневматических, либо выбор VAV-регулятора большего размера, имеющего большую пропускную способность.

В качестве вывода можно отметить, что использование CAV- и VAV-регуляторов расхода для чистых помещений позволяет успешно решать проблему поддержания постоянного расхода приточного воздуха и избыточного давления воздуха в помещении. Эксплуатация чистого помещения в режиме рабочий/дежурный также может быть легко реализована с помощью CAV/VAV-регуляторов, использование которых способствует снижению эксплуатационных затрат за счет увеличения срока эксплуатации фильтров.

5. Правила техники безопасности

5.1. Правила техники безопасности при монтаже электрооборудования.

Установка нового электрооборудования является сложной технической задачей.

Перед началом установки оборудования необходимо убрать все посторонние предметы и очистить место проведения работы. Если для работы по монтажу электрооборудования требуются сварные работы, необходимо убедиться что это возможно в данном помещении (на палубе), если потребуется создать дополнительные условия для защиты от возгорания и подготовить средства пожаротушения. Электромеханик должен заблаговременно позаботиться о подключении питания и заранее предусмотреть места прокладки кабеля, таким образом, чтобы избежать острых углов и трение о корпус судна и разные детали кабеля. Необходимо крепко фиксировать все кабеля.

Перед началом работ нужно убедиться в том, что рабочее место достаточно освещено, а все лампы и подвесные фонари закреплены должным образом.

Если работы происходят во взрывоопасных помещениях, то необходимо поставить в известность вахтенного помощник, а само помещение необходимо провентилировать средствами принудительной вентиляции в течение получаса. Вход в такое помещение разрешается только с газоанализатором и рацией, один член экипажа должен быть на вахте перед этим помещением. Так же необходимо убедиться, что все необходимое оборудование является взрывозащищенным. Рекомендуется знать наименование и количество взятого с собой инструмента.

Работы должны производиться в специальной одежде и обуви, каску снимать запрещается, если существует вероятность попадания в глаза мелких осколков, грязи и пыли, то работы необходимо производить в специальных очках.

По окончании монтажа необходимо убедиться, что место проведения работы – убрано. Все установленное оборудование должно быть установлено должным образом, а все болты подтянуты до упора. Все кабеля должны быть закреплены, а клемные коробки закрыты. Все используемое оборудование должно быть очищено от следов масла и убрано на свои места, и при необходимости закреплено.

5.2. Правила технической безопасности при техническом обслуживании электрических устройств.

Ремонт электрической части оборудования производится при отключенном электропитании. На локальном щите вывешивается табличка, если приемник получает питание с ГРЩ, то на автомате ГРЩ.

Для проведения ремонтных работ необходимо подготовить рабочее место. Электромеханик должен убедиться в отсутствии напряжения на токоведущих частях. Проверка производится между фазами и каждой фазой по отношению к “земле”. Перед проверкой необходимо убедиться в

исправности применяемого прибора или указателя, путем проверки их на токоведущих частях при помощи специального оборудования. Указатель или прибор, применяемый для проверки, должен быть рассчитан на номинальное линейное напряжение устройства. Если проверенный прибор был подвергнут механическим воздействиям, то проверку необходимо повторить. Рабочее место должно быть не загромождено и иметь хорошее освещение. Все инструменты и приспособления должны иметь хорошую изоляцию.

5.3 Пожарная безопасность на предприятие.

На птицефабриках пожары случаются относительно часто, в сравнении с общим числом пожаров в сельских хозяйствах и приносят очень большой материальный ущерб. Сгорают обычно целые хозяйственные здания, корма, а прежде всего домашняя птица. Анализируя данные о случившихся пожарах можно сделать вывод, что около 80% пожаров на этих объектах можно было избежать. Как вытекает из рапортов пожарной охраны, главной причиной возникновения пожаров была неосторожность работников в обращении с открытым огнем, частое пренебрежение поломок электрических приборов, а также ошибки в технологии и методах работы.

Возникшие на птицефабриках пожары, даже самые малые, заканчиваются в большинстве случаев потерей целого поголовья животных. Вытекает это из того, что пожары в таких зданиях распространяются очень быстро, а при каждом пожаре выделяется большое количество токсических газов, которые вызывают отравление птицы. Скорость распространения огня во время пожара на птицефабрике связана со следующими факторами:

− большое количество горючих материалов;

− горючая или трудногорючая конструкция кровли;

− поздно замечен пожар или поздно вызвана пожарная охрана;

− сотрудники не производят спасения и тушения пожара из-за отсутствия противопожарного обучения.

Противопожарное обеспечение птицефабрик

Очень большое значение в обеспечении пожарной безопасности на птицефабрике имеет организация противопожарной охраны и на фабрике и в регионе. Правильная организации функционирования пожарной охраны является обязанностью правления птицефабрики. Значительную роль в организации противопожарной охраны играет также профилактика. Профилактические действия заключаются в разъяснении отделам пожарной охраны специфики птицефермы, расположения зданий, лучшего подъезда, снабжением водой и т.п.

Сигнал пожара передается пожарной охране обычно по телефону. Другим способом уведомления пожарной охраны является установка систем распознания, локализации и уведомления о пожаре. Это так называемая система мониторинга. Благодаря установке этой системы и подключении ее к ближайшему пункту пожарной охраны, пожар распознается в ранней стадии, а сигнал передается после 1 минуты дежурному. В таких случаях пожарники выезжают из гаража уже после 45 секундах от момента получения.

Каждое здание для снижения пожарной опасности должно быть оснащено ручными огнетушительными средствами. К ручным средствам относятся: огнетушители, несгораемые одеяла и т.п. Распределение, количество и вид необходимого оборудования в каждом помещении определяют соответственные стандарты.

Кроме оснащения объектов соответствующими средствами важную роль играет

умение сотрудников воспользоваться ним, поэтому существенную роль играет обучение этому сотрудников.

Противопожарное снабжение водой – это основной фактор, решающий вопрос о быстром и эффективном проведении тушения пожара. Часто эффективность тушения зависит от запаса имеющихся противопожарных

средств (также воды). При эксплуатации фермы следует обратить внимание на соответственное приготовление пунктов снабжения водой и подъезды к ним.

Самые частые причины возникновения пожаров

Таблица №1. Причины возникновения пожаров на птицефабриках

Год	Замыкание электросети	Поджог	Неосторожность	Атмосферные разряды	Самовозгарание	Не установлено	Нагревательные устройства
1997	3	6	2	-	-	7	1
1998	6	3	4	-	-	6	1
1999	8	7	5	-	1	7	-
2000	4	8	7	-	-	4	-
Итого:	21	24	18	-	1	24	2

Самой частой причиной возникновения пожаров на птицефабриках является замыкание электросети. Это вызвано, в основном, плачевным техническим состоянием всей электросети, а также несоответствующей профилактикой, проводимой работниками, не имеющими соответствующих знаний. Другая причина возникновения пожаров – это неосторожность в использовании открытого огня, например во время ведения ремонтных работ.

Для предотвращения пожаров на птицефабриках возможны следующие пути решения проблемы:

1. Установка системы раннего определения пожара.

Такая система должна состоять из размещенных в целой ферме датчиков, соединенных со Станцией Пожарной Сигнализации (СПС). Определение одним из датчиков н.п. дыма, сразу включает сигнал с станции. Если в течении 2 минут сигнал не обнулен обслуживающим сотрудником, то сигнал автоматически высылается в ближайшую пожарную охрану.

2. Установка во всех объектах душевой сети. Действие такой сети соединенной со станцией пожарной сигнализации (СПС), заключается в автоматической подаче воды (капельной струи), на горящие места. Такая сеть должна питаться от независимого источника тока и воды.

3. Установка дымовых люков на крыше здания. Дымовые люки соединенные со СПС, запускаются в ручную или автоматически от СПС. Это

позволяет избежать распространения дыма и других газов на оставшуюся часть здания.

4. Установка автоматических стен-перегородок с определенной огнеупорностью.

5. Использование устройств механической вентиляции для создания повышенного давления в неотизолированных помещениях. Создание такой возможности дает исключение явления проникания газов с процесса сжигания из отделенного помещения в оставшуюся часть здания.

6. Покрытие внутренних стен и стальных конструкций огнеупорной краской. Противопожарное предохранение элементов конструкции может в значительной мере продвинуть во времени процесс полного уничтожения конструкции под воздействием высокой температуры. Продление этого периода до момента приезда пожарной охраны может спасти основную конструкцию здания.

7. Установить выключатели электрического тока вне здания в легко доступном месте. Следует, также рассмотреть возможность автоматического отключения тока в определенном помещении через СПС.

8. Взятие во внимание в проектировке застройки фермы тушения пожара. Размещение зданий на территории фермы должна давать возможность подъезда к каждому объекту тяжелой пожарной машиной. При планировании застройки территории фермы следует предусмотреть площадь для маневрирования, а также обратить внимание на сеть колонок, а особенно внешних колонок при зданиях. Интегрирование всех этих пунктов со Станцией Пожарной Сигнализации даст возможность свести до минимума материальные затраты, а также опасность для жизни людей.

5.4. Мероприятия по охране окружающей среды

При выполнении всех видов строительно-монтажных работ необходимо строго соблюдать требования защиты окружающей природной

среды и выполнять природоохранные мероприятия в соответствии с ГОСТ 17.4.3.02-85, ГОСТ 17.5.1,01- 83, ГОСТ 17.1.3,05-82, ГОСТ 17.1.3.10-83, СН 452-73, которыми определены требования к охране окружающей среды.

При производстве строительно-монтажных работ будет происходить загрязнение атмосферного воздуха, почвы, растительного и животного мира.

Основное загрязнение атмосферного воздуха происходит:

- при работе транспорта и строительно-монтажной техники;

- при производстве работ по сварке, окраске, изоляции;

- при работе автономных источников электроснабжения строительных работ;

Основными загрязняющими веществами являются:

- продукты сгорания дизельного топлива двигателей электрического генератора и дорожно-строительных машин;

- продукты сгорания бензина карбюраторных двигателей автотранспорта;

- сварочный аэрозоль;

- загрязняющие вещества, выделяющиеся при нанесении лакокрасочных материалов;

Ориентировочный перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в период монтажа инженерных систем и их характеристика, представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в период проведения работ

№ п/п	Вещество		Критерии качества атмосферного воздуха			
	Код	Наименование	ПДКм.р., мг/м^3	ПДКс.с. мг/м^3	ОБУВ мг/м^3	Класс опас.
1	123	Оксид железа		0,040		3
2	143	Марганец и его соединения	0,010	0,001		2
3	301	Азота диоксид	0,2	0,040		3
4	304	Азота оксид	0,400	0,060		3

5	330	Серы диоксид	0,500	0,050		3
6	333	Сероводород	0,008			2
7	602	Бензол	0,300	0,100		2
8	616	Ксилол	0,200			3
9	621	Толуол	0,600			3
10	703	Бензапирен		10^{-6}		1
11	1325	Формальдегид	0,035	0,003		2
12	2752	Уайт-спирит			1,00	

При производстве строительно-монтажных работ необходимо соблюдать следующие требования по охране окружающей среды:

- обязательное соблюдение границ территорий, отводимых для производства строительно-монтажных работ и размещения строительного хозяйства;

- предотвращение захламления территории строительства строительными и бытовыми отходами;

- оснащение рабочих мест и строительных площадок инвентарными контейнерами для бытовых и строительных отходов;

- постоянный контроль обслуживающим персоналом качества и химического состава выхлопных газов используемой строительной техники и автотранспортных средств;

- слив горюче-смазочных материалов и мойку машин осуществлять только на отведенных и соответствующе оборудованных площадках.

Ввиду малых объемов сварочных работ воздействие на атмосферный воздух будет минимальным.

Места проведения строительных работ должны регулярно очищаться от производственных отходов.

Заключение

Рост требований к качеству новых технологий по параметрам окружающей среды положил основание так называемой технике чистых помещений. Чистые производственные помещения применяются в микроэлектронике, приборостроении, фармацевтике, медицине и в лабораториях.

Чистые помещения подразумевают собой не только ограждающие конструкции, но весь комплекс систем, таких как система фильтрации и кондиционирования, освещения, автоматики, диспетчеризации и технологического оборудования. В ходе подготовки работы были рассмотрены такие вопросы, как современные проблемы чистых помещений (ЧПП), химические факторы производственной среды в ЧПП, произведен анализ использования фильтров для отчистки воздуха от вредных примесей.

Чистые производственные помещения– это помещения, в которых контролируется концентрация взвешенных в воздухе частиц, построенные и используемые так, чтобы свести к минимуму поступление, выделение и удержание частиц внутри помещения, и позволяющие, по мере необходимости, контролировать другие параметры, например, температуру, влажность и давление (ГОСТ ИСО 14644-1-2002).

В работы рассмотрены основные элементы, которые обеспечивают подготовку и подачу очищенного воздуха в чистые зоны. Эти функции выполняют кондиционеры приточного воздуха. Кондиционеры снабжены фильтрами нескольких ступеней. На первой ступени производится очистка воздуха от микрочастиц и микроорганизмов фильтрами первой ступени класса G4/FS и на второй ступени – фильтрами класса F7 – F9.

Анализ особенностей систем кондиционирования и фильтрации воздуха в ЧПП показал, что рециркуляция воздуха представляет собой

смешивание наружного воздуха с воздухом помещения и подачи в помещение данной смеси (СниП 41-01-2003). Иными словами такой процесс является повторным применением отработанного внутреннего воздуха

Изучены особенности воздействия малых химических доз на организм человека. Установлено, что специфика взаимодействия малых доз вещества с организмом все чаще становится предметом исследований. Наибольшее внимание уделяется специальным формам токсического процесса - иммунотоксичности, канцерогенности и др., так как способность веществ оказывать такое воздействие требует пересмотра действующих значений ПДК в сторону ужесточения.

В третей лаве работы проводится анализ использования фильтров для очистки воздуха от вредных примесей. Установлено, что для очистки приточного воздуха в помещении от вредных веществ, применяются фильтры:

- фотокаталитические;
- сорбционные;
- пылевые;
- ионизирующие очистители или электрофильтры;
- угольные.

Сравнительный анализ фильтров по степени очистки воздуха и их техническим характеристикам показал, что наиболее эффективный по работе очистке воздуха в ЧПП является вертикальный ионитно-угольный фильтр ВУФ. Указанный фильтр очищает воздух от большого ряда органических веществ и разных химических вредных веществ в широком диапазоне производительности: от 200-30000 м3/час. При этом для остальных фильтров производительность начальная с 1700 м3/час, что показывает не эффективную фильтрацию вредных веществ в ЧПП.

Основываясь на полученных результатах осуществлен расчет вертикально ионитно-угольного фильтра ВУФ для применения на производстве.

Исходными данными для расчета явились такие параметры, как толщина, эквивалентный диаметр гранул, порозность слоя, скорость фильтрования, продолжительность фильтрования, плотность газа, вязкость газа, температура газа, барометрическое давление, разрежение перед аппаратом и другие параметры.

Расчеты показали, что данный фильтр удовлетворяет требованиям по степени очистки и гидравлическому сопротивлению перед регенерацией, показатели равны η = 0,928 и Δp = 2,9 кПа.

Список использованной литературы

1. ГОСТ ИСО 14644–1–2002. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Ч. 1. Классификация чистоты воздуха.
2. ГОСТ Р ИСО 14644–4–2002. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Ч. 4. Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию.
3. ГОСТ Р ИСО 14644–5–2005. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Ч. 5. Эксплуатация.
4. Чистые помещения. Под ред. А. Е.Федотова. Второе изд. – М. : АСИНКОМ, 2003.
5. ГОСТ Р 51251–99. Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка.
6. Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. Безопасность

жизнедеятельности. - М.: Высшая школа, 2012. — 616 с.

7. Большеротов А.Л. Система оценки экологической безопасности строительства. / А.Л.Большеротов - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. - 216 с. ISBN 978-5-93093-757

8. Дементий Л.В., Кузнецов А.А., Поляков А.Е. Гражданская оборона - Конспект лекций по гражданской обороне для студентов дневной и заочной форм обучения. – Краматорск: ДГМА, 2012. – 34 с.

9. Дворников В.А. Экономическая безопасность. Теория и реальность угроз. М.: МО МАНПО, 2014.

10. Драган Н.А. Мониторинг и охрана почв Издательство: ТНУ,: 2015.

11. Злотникова Т.В. Законодательные основы экологической безопасности в Российской Федерации. — М., 2015.

12. Жилов Ю.Д., Куценко Г.И., Назарова Е.Н. Основы медико-биологических знаний /Под ред. Ю.Д. Жилова. Учебник. М.: Высшая школа, 2013. 256 с.

13. Кучма М.М. Гражданская оборона Учебное пособие. - 3 издание, исправленное и дополненное -Львов: "Магнолия плюс", 2013. - 360 с.

14. Кукин П. П., Лапин В. Л., Попов В. М., Марневский Я. Э., Сердюк Н. И. Радиационная безопасность в жизнедеятельности человека. – 4-е изд., перераб. М.: Высш. шк., 2014. — 335 с.

15. Микрюков В.Ю. Обеспечение безопасности жизнедеятельности. М.: Вузовская книга, 2014. – 479 с.

16. OHSAS 18001:2007. Система менеджмента промышленной безопасности и охраны труда. Требования.

17. Охрана окружающей среды /Под ред. проф. С.В. Белова. - М.: Высшая школа, 2011. – 448 с.

18. Сборник нормативных документов. Основы безопасности жизнедеятельности / сост. Э. Д. Днепров, А. Г. Аркадьев. – М. : Дрофа, 2012.

19. Свиткин, М.З. Интегрированные системы менеджмента //

Стандарты и качество,2013. №2. С. 56-61

20. Степановских А.С. Охрана окружающей среды: Учебник. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2014.- 751 с.

21. Сайт http://www.gmpua.com/CleanRoom/Design/GMP_AND_CleanRooms.pdf

22. Сайт http://www.poliklin.ru/imagearticle/201204(2)/10-13.pdf

23. Сайт http://pharmprojects.vipsmed.ru/pharmprojects/steriln-pomesh/

24. Сайт http://andeady.moy.su/news/recirkuljacija_vozdukha/2013-07-26-127

25. Сайт http://protonos.ru/node/37

26. Сайт http://www.baurum.ru/_library/?cat=checking_microclimate_systems&id=1447

27. Сайт http://studopedia.net/9_64090_mestnaya-lokalnaya-mehanicheskaya-ventilyatsiya.html

28. Сайт http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_102687/?frame=1

29. Сайт http://www.studfiles.ru/preview/2692310/

30. Сайт http://ohrana-bgd.narod.ru/jdtrans/jdtrans_064.html

31. Сайт http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=1663

32. Сайт http://hghltd.yandex.net/yandbtm?fmode=inject&url=http%3A%2F%2F5fan.ru%2Fwievjob.php%3Fid%3D2869&tld=ru&lang=ru&la=1430275584&text=url%3A5fan.ru%2Fwievjob.php%3Fid%3D2869%20%7C%20url%3Awww.5fan.ru%2Fwievjob.php%3Fid%3D2869&l10n=ru&mime=html&sign=c68caabf6909b57c7a4abfca2ef62f5a&keyno=0

33. Сайт http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10002/

34. Сайт http://med-books.info/gigiena-sanepidkontrol_733/mikroelektronnoe-proizvodstvo.html

35. Сайт http://uchebnikionline.com/bgd/osnovi_ohoroni_pratsi_-_berezutskiy_vv/normuvannya_vmistu_shkidlivih_rechovin_povitri.htm

36. Сайт http://ohrana-bgd.narod.ru/bgdps12.html
37. Сайт http://bibliofond.ru/view.aspx?id=526605
38. Сайтhttp://www.intuit.ru/studies/courses/12180/1173/lecture/19620?page=3