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.

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 “Cleanroomsandassociatedcontrolledenvironments” (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]

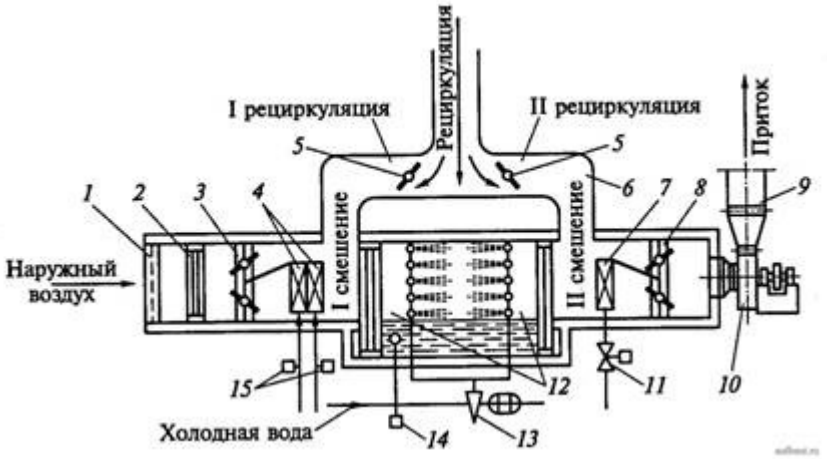

Рисунок 2. Схема форсуночного кондиционера с I и II регулируемыми рециркуляциями:

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

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	
					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 норм и правил	60 20***	-	-	-
* 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).

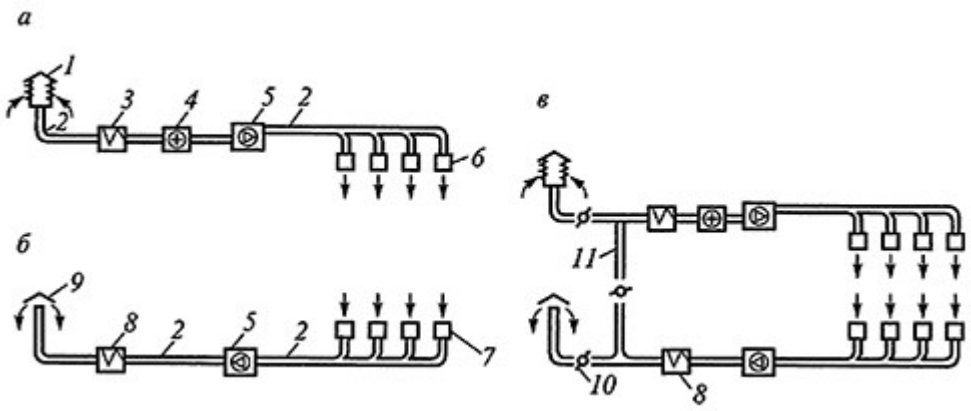

Рис. 3. Схемы механической вентиляции:

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]

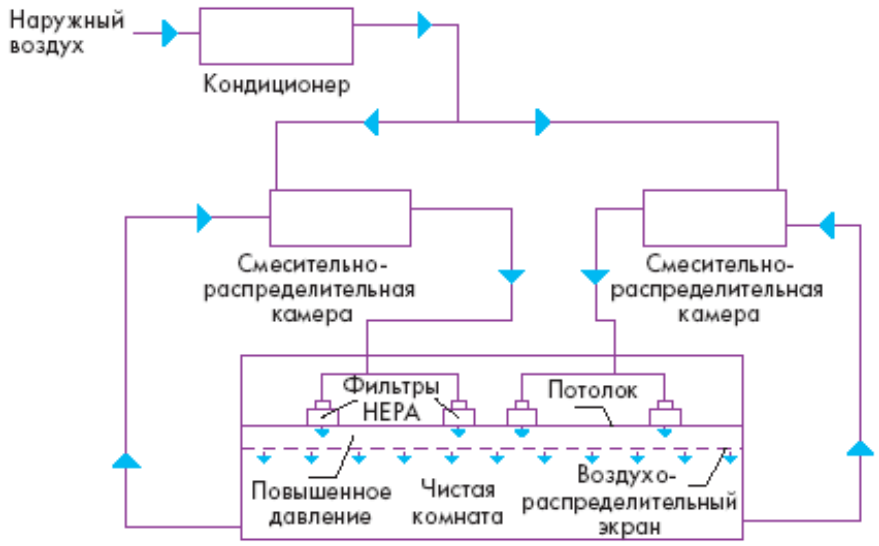

Рисунок 4.Чистая комната с упорядоченной однонаправленной циркуляцией и низкой скоростью движения воздуха

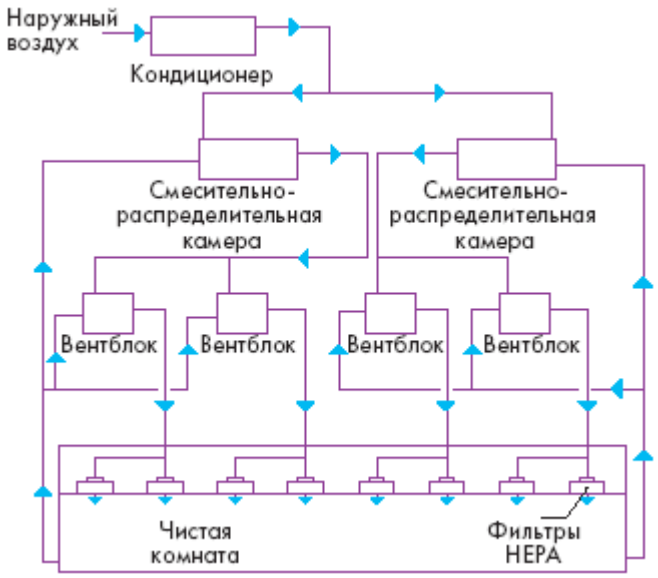

Рисунок 5. Чистая комната с неупорядоченной циркуляцией воздуха, с использованием циркуляционных вентиляторов в блочном исполнении, смесительно-распределительных камер и кондиционера наружного воздуха.

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.

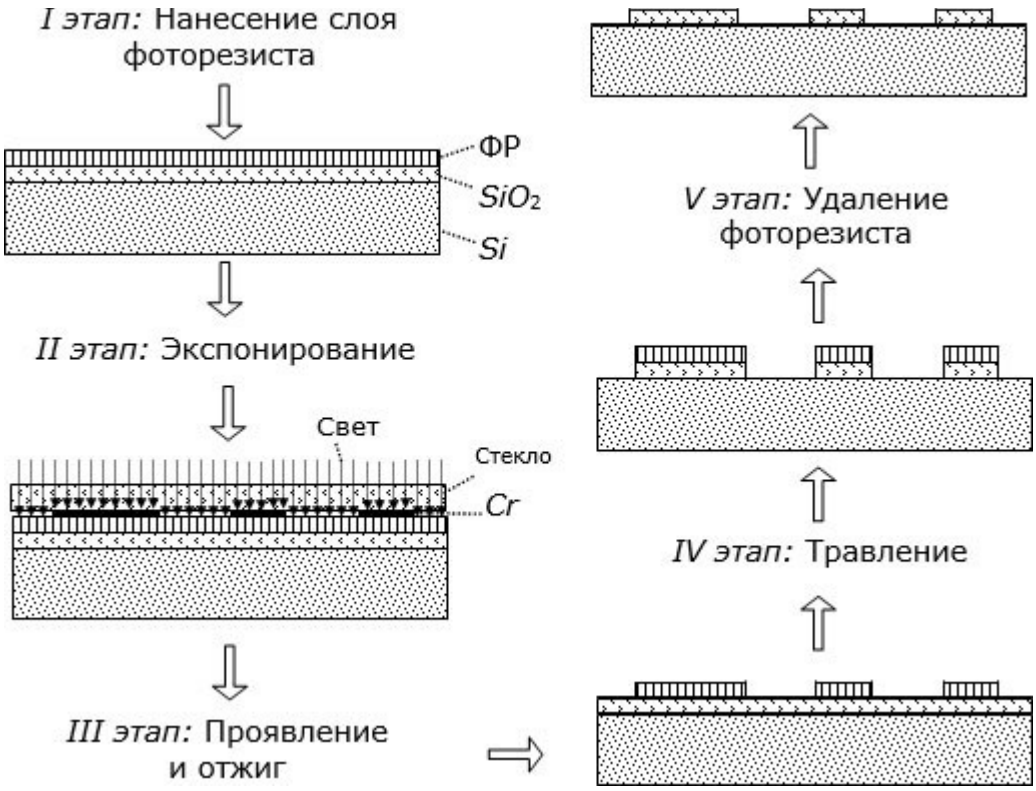

Рис. 6. Основные этапы технологического процесса фотолитографии

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	Количеств	Действую	Характер

	о технологических операций	щая ПДКр.з (макс. раз), мг/м3	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;

Т – 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 $ПДК_{CC}$пыли в течение всего периода профессионального контакта с вредным фактором,

$$КПН = ПДК_{CC} * N * T * Q$$

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

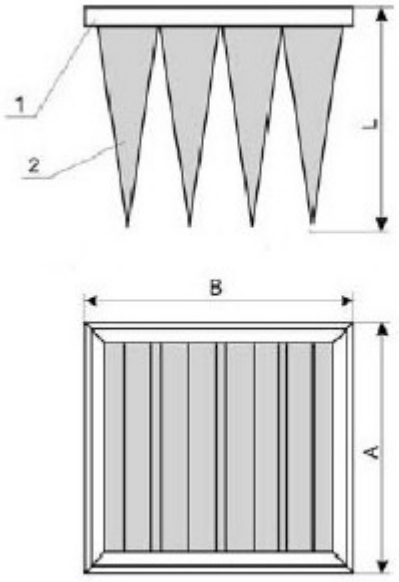

Рис.9 Схема фильтра типа ИФК.

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.

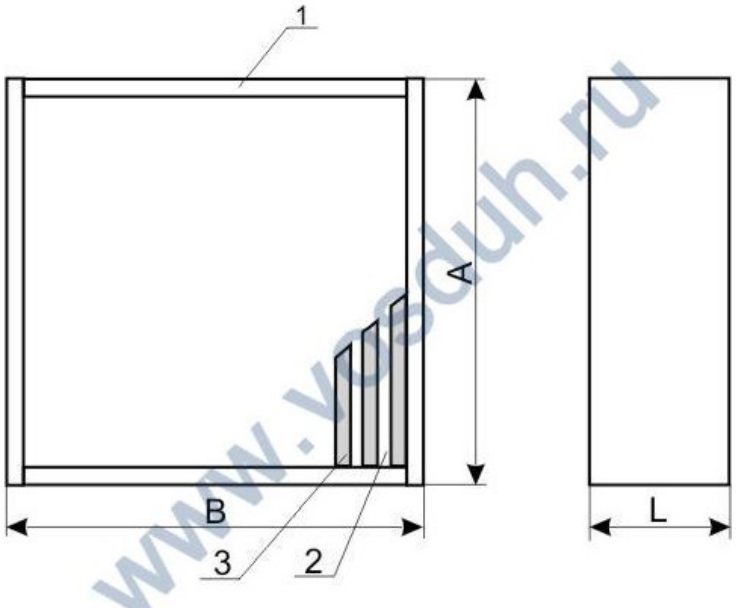

Рис. 11 Схема фильтра ФяС-С

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

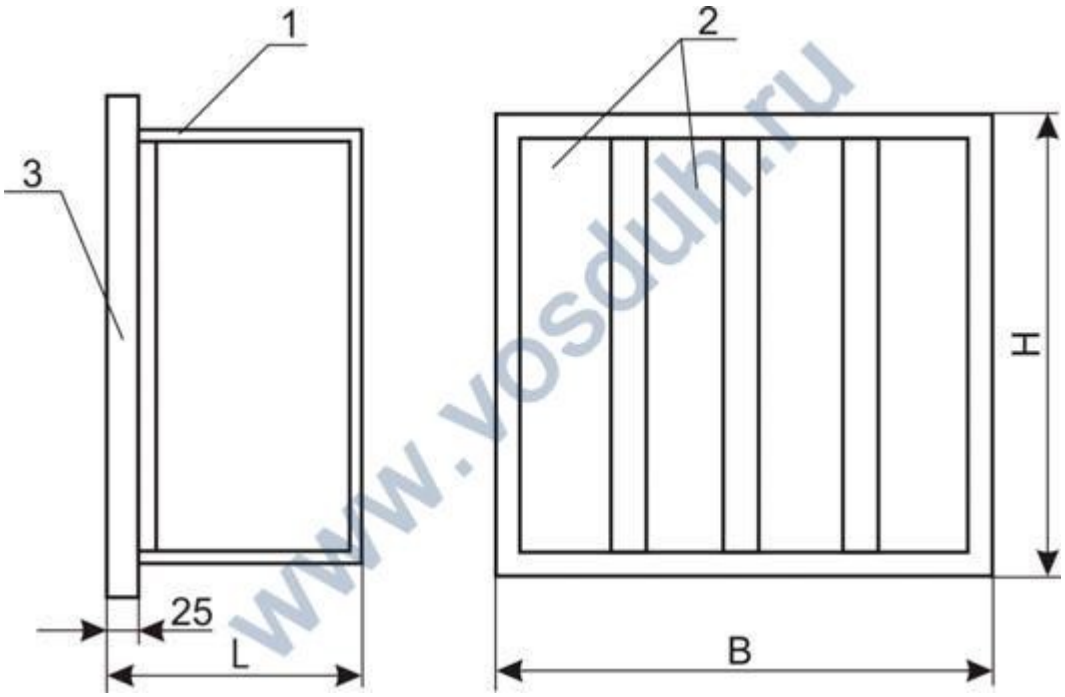

Рис. 13 Схема фильтра ФяС-С-К

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

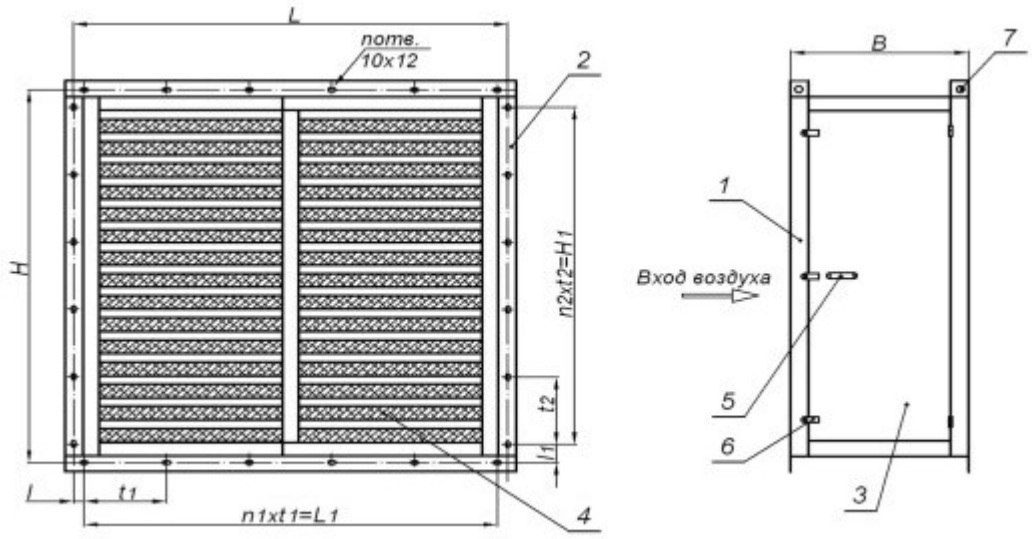

Рис. 15 Схема секции сорбционно-угольного фильтра СУФ-0

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

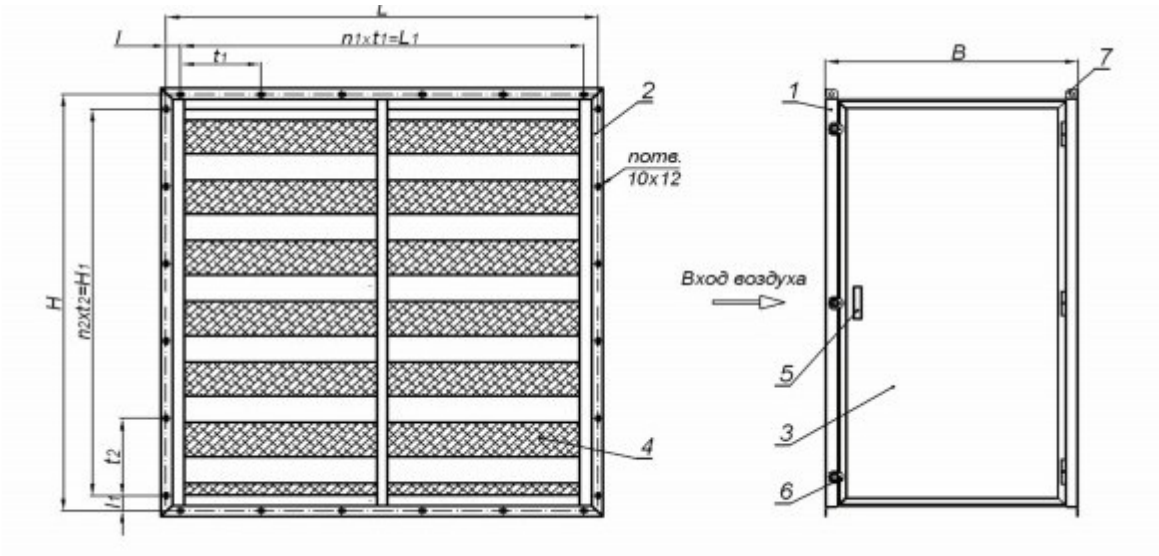

Рис. 16 Схема секции сорбционно-угольного фильтра типа СУФ-2

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.**

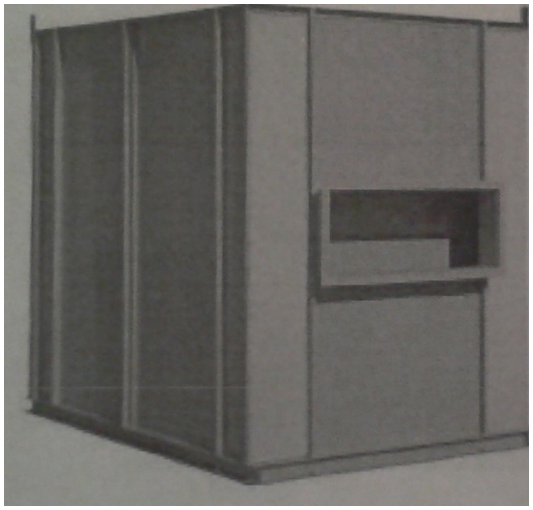

Рис. 17. Вертикальный ионитно-угольный фильтр ВУФ

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^{0}С
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 отрасли • Фармацевтические производства • Производство ДСП, ДВП, фанеры • Производство кожи и обуви • Пищевое производство • Химическое производство • Нефтегазоперерабатывающая промышленность • Микроэлектронное производство	• Возможность очистки большого ряда органических веществ и разных химически вредных веществ • 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 аэродинамическое	500	Па	
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 $P_{бар}$ = 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 β = 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. $\Delta p_1 = \frac{13,3(1-\varepsilon)\rho_г H \omega_ф^2}{\varepsilon^2 d_э} = \frac{13,3*(1-0,65)*0.688*0,5^2*0,4}{0,65^2*0,005} = 151,604$Па

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

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 Δр = 2,9 кПа.[37]

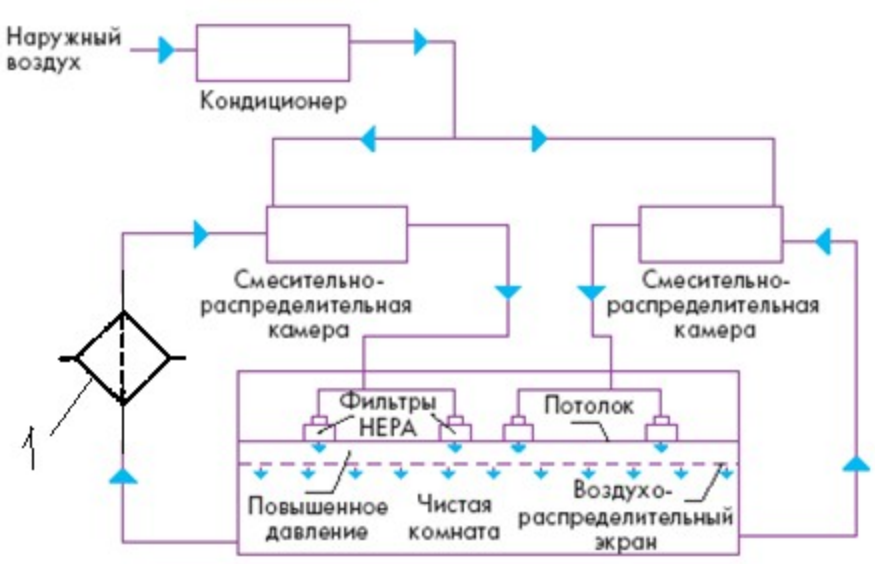

Рисунок 18**.** Чистая комната с упорядоченной однонаправленной циркуляцией и низкой скоростью движения воздуха

1- место установки вертикального инитно-угольного фильтра ВУФ.

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. Сайтhttp://www.gmpua.com/CleanRoom/Design/ GMP_AND_CleanRooms.pdf
2. Сайт http://www.poliklin.ru/imagearticle/201204(2)/10-13.pdf

3. Сайт http://pharmprojects.vipsmed.ru/pharmprojects/steriln-pomesh/
4. Сайт http://andeady.moy.su/news/recirkuljacija_vozdukha/2013-07-26-127
5. Сайт http://protonos.ru/node/37
6. Сайт http://www.baurum.ru/_library/?cat=checking_microclimate_systems&id=1447
7. Сайт http://studopedia.net/9_64090_mestnaya-lokalnaya-mehanicheskaya-ventilyatsiya.html
8. Сайт http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_102687/?frame=1
9. Сайт http://www.studfiles.ru/preview/2692310/
10. Сайт http://ohrana-bgd.narod.ru/jdtrans/jdtrans_064.html
11. Сайт http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=1663
12. 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
13. Сайт http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10002/
14. Сайт http://med-books.info/gigiena-sanepidkontrol_733/mikroelektronnoe-proizvodstvo.html
15. Сайт http://uchebnikionline.com/bgd/osnovi_ohoroni_pratsi_-_berezutskiy_vv/normuvannya_vmistu_shkidlivih_rechovin_povitri.htm
16. Сайт http://ohrana-bgd.narod.ru/bgdps12.html
17. Сайт http://bibliofond.ru/view.aspx?id=526605
18. Сайтhttp://www.intuit.ru/studies/courses/12180/1173/lecture/19620?page=3
19. Сайт http://referatyk.com/bezopasnost_jiznedeyatelnosti/8396-normalizatsiya_parametrov_mikroklimata.html
20. Сайт http://www.helper.by/ximicheskie-opasnie-i-vrednie-proizvodstvennie-faktori.html
21. Сайт http://www.webkursovik.ru/kartgotrab.asp?id=-159094
22. Методы анализа и контроля объектов природно-технических геосистем: сборник научных трудов/ Под ред. В.И. Каракеяна. – М.: МИЭТ, 2014. – 142 с.: ил.
23. Сайт http://beltema.by/stories/images/blog/gost/TKP_OR_3.09.pdf
24. Сайт http://geum.ru/kurs/metody_kontrolya_sostoyaniya_vozduha_proizvodstvennyh_pomescheniy.htm
25. Сайт http://www.ochistitel.ru/purifier/photo_catalytic_filter/

26. Сайтhttp://www.wasser.ru/sorbczionnyie.html
27. Сайт http://zadocs.ru/himiya/26058/index.html
28. Сайт http://www.promconvent.ru/filtry-vysokoy-i-sverhvysokoy-effektivnosti.html
29. Сайт http://vensnab.ru/e_mag/view_good/601
30. Сайт http://allfilter.ru/air-filters/bag-filters-pwa/item/44-pwa-ion-exchange-filters-for-electroplating.html/
31. Сайт http://mgyie.ru/index.php?id=95&option=com_content&task=view
32. Сайтhttp://chistyvozduh.yomu.ru/filtry-dlya-ochistki/
33. Сайт http://фрнк.рф/goods/405
34. Сайт http://www.ufovent.ru/ventilation/folter/ochistka-pritochnogo-vozdukha/fyas-c-k-ugolnye-filtry-kompaktnye.html
35. Сайт http://filter-f.ru/page/sekciya-ugolnogo-filtra.html
36. Сайт http://www.irimex.ru/files/catalog/rubs/files/8806/vuf_reklama.pdf
37. В.Б. Кольцов, О.В. Кольцова Процессы и аппараты защиты окружающей среды: учебник практикум. Под редакцией В.И. Каракияна. 588 с.