

УДК 628.8

Гаврилин В.А., студент ИТС-42

Каракеян В.И., профессор

Рябышенков А.С., доцент

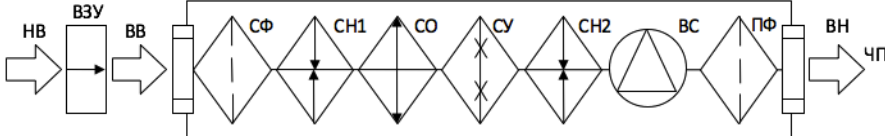
Национальный исследовательский университет «Московский
институт электронной техники»
г. Москва

Выбор оптимальных схем кондиционирования воздуха для чистых помещений микроэлектроники

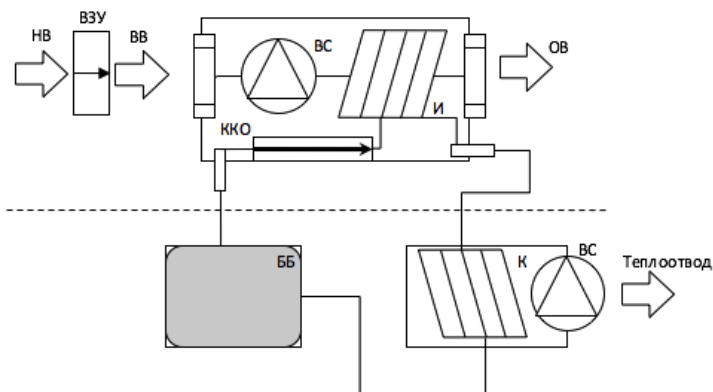
Подбор центральных кондиционеров (ЦК) для чистых помещений (ЧП) микроэлектроники имеет ряд отличительных особенностей по сравнению с выбором для других типов помещений. Это обстоятельство связано с большими производственными площадями ЧП, сложном монтаже крупногабаритного высокоточного технологического оборудования, возможностью установки требуемых производственно-экологических средств и аппаратов для ЧП различных классов чистоты. Цена возможных просчётов при проектировании и эксплуатации системы кондиционирования и фильтрации воздуха (СКФВ) для ЧП будет весьма высока – от выхода из строя дорогостоящей системы воздухоподготовки, материального ущерба высокотехнологичному производству, снижения выхода годных изделий до причинения вреда здоровью персонала [1,2].

В таблице 1 приведены основные схемы воздухоподготовки для ЧП различных классов: схема промышленного ЦК, схема на основе «чиллера-фанкойла», кондиционера-доводчика (КД), прямоточная схема кондиционирования воздуха, замкнутая рециркуляционная система кондиционирования воздуха (РК), схема многозональный СКФВ и др.

Таблица 1 - Основные схемы СКФВ для ЧП различных классов

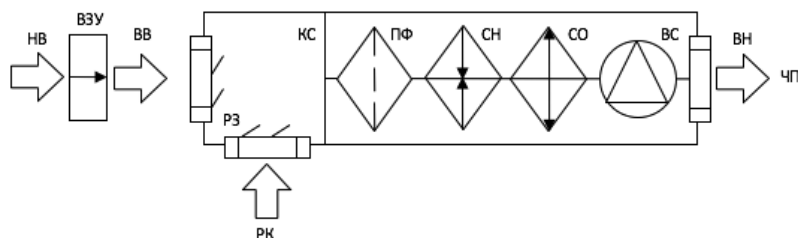
Схема кондиционирования воздуха	Класс ЧП по ГОСТ Р ИСО 14644
<p>Промышленный ЦК</p> 	1-9

«Чиллер-фанкойл»



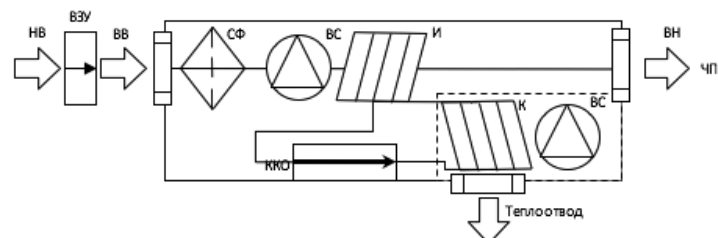
5-9

Крышный кондиционер



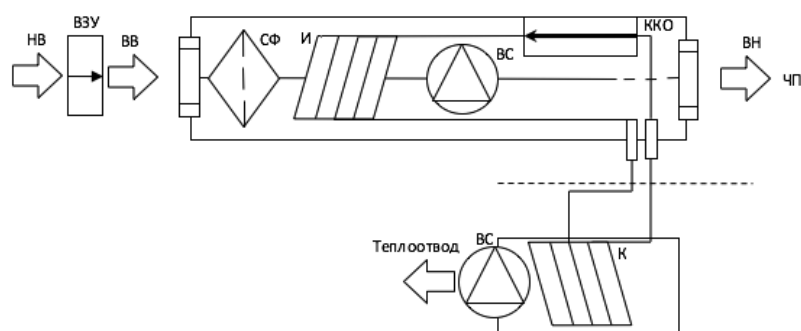
1-5

Шкафной кондиционер



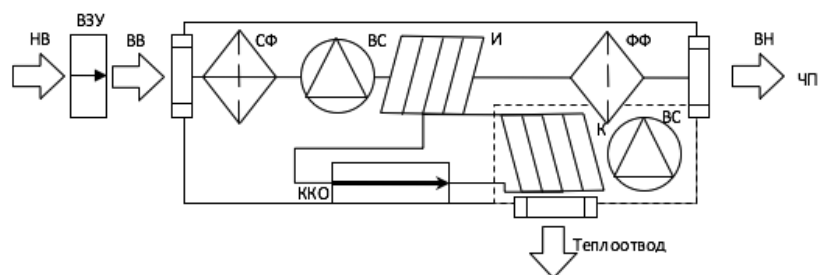
1-6

Прецизионный кондиционер



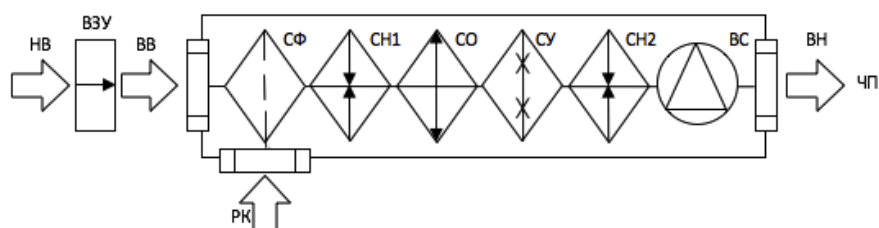
1-9

Кондиционер-доводчик



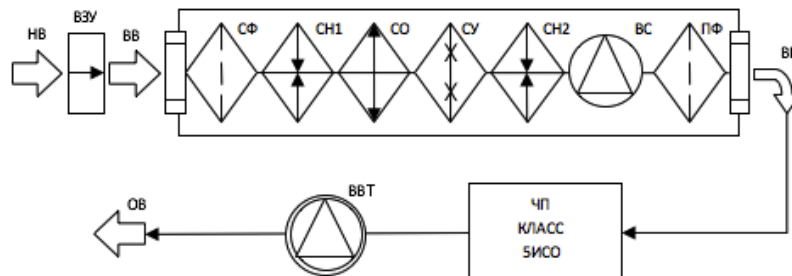
5-9

Автономная система



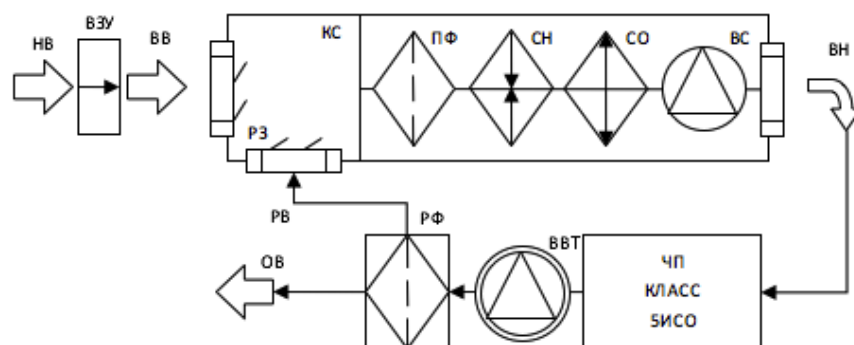
1-6

Прямоточная система



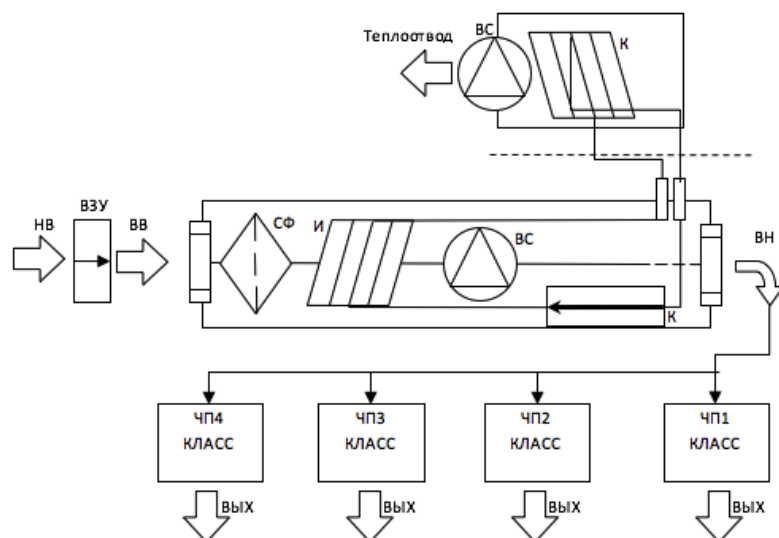
1-6

Замкнутая (рециркуляционная) система



5-9

Многозональная СКФВ



5-9

Примечание: НВ – наружный воздух; ВЗУ – воздухозаборное устройство; ВВ, ВН и ОВ – всасывающий, нагнетательный и отводящий воздуховод, соответственно; СФ – стартовый фильтр; СН1 и СН2 – секции нагрева 1 и 2; СО – секция охлаждения; СУ – секция увлажнения; ВС – вентиляционная система; ПФ – промежуточный фильтр; ККО - компрессор контура охлаждения; И - испаритель; ББ – буферный бак; К- конденсатор; РЗ - регулирующие заслонки; КС – камера смешения; ФФ – финишный фильтр; ВВТ – вытяжной вентилятор; РВ – рециркуляционный воздух; РФ - рециркуляционный фильтр.

Многозональная схема воздухоподготовки и система на основе «чиллер-фанкойл» может быть оснащена дополнительно ЦК и вентиляционными установками, что обеспечит возможность обеспечения требуемой кратности воздухообмена в ЧП. Отличительной особенностью центральных и крышных кондиционеров является возможность автоматического регулирования заданных параметров (температура и влажность воздуха, степень его очистки, кратность воздухообмена и т.п.) для каждого ЧП индивидуально. Известно, что в области эксплуатации СКФВ при сохранившейся на промышленных предприятиях старой советской системы вентиляции и кондиционирования воздуха имелись смесительные камеры, в которых рециркуляционный воздух из ЧП перемешивался с наружным, затем соответствующим образом обрабатывался и подавался обратно. В настоящее время в общую схему СКФВ предпочитают устанавливать современные системы, так называемые рекуператоры, в которых перенасыщенный микроорганизмами воздух, удаляется, а потери расхода воздуха компенсируются притоком свежего наружного [3]. Для предотвращения образования болезнетворных

микроорганизмов (легионелл) необходимо проводить периодическую комплексную очистку всех элементов СКФВ на предмет различных загрязнений.

Кондиционирование воздуха в ЧП осуществляется комплексом технических средств и мероприятий, направленных на обработку приточного наружного атмосферного воздуха с заданными и регулируемые параметрами в целях поддержания в ЧП требуемого класса помещения независимо от состава вредных загрязнений и параметров наружного воздуха. Данная система в отличие от вентиляционной обеспечивает контролируемый расход воздуха в ЧП по принципу общеобменной вентиляции, а также автоматически поддерживает необходимые внутрипроизводственные параметры в ЧП независимо от времени года. Система кондиционирования обеспечивает требуемую температуру и влажность воздуха, его фазово-компонентный состав, давление воздуха, кратность воздухообмена и др. в зависимости от класса ЧП.

В СКФВ входит оборудование для процессов обработки и транспортировки воздуха, технические средства для нагревания, охлаждения, осушения и увлажнения, средства автоматического регулирования, управления и контроля внутрипроизводственных параметров воздуха ЧП, а также вентиляторы, насосы, воздухопроводы для тепло-влажностной обработки, контрольно-измерительные приборы и фильтры для очистки воздуха (стартовые, промежуточные фильтры и финишные фильтры). Существует широкий спектр различных составных компонентов и элементов СКФВ, представленный в таблице 2.

Таблица 2 - Составные компоненты элементов СКФВ

Компоненты	Марка, тип	Страна-изготовитель	Мощность, кВт/ч	Производительность, м ³ /час
Центральные кондиционеры	ACS Klima ACSP H	Турция	32-230	3000-15000
Центральные кондиционеры	Aermec T/CTE/NCT	Италия	8.8-274.7	1250-20400
Центральные кондиционеры	Daikin D-AHU	Япония	5-834	500-124000
Центральные кондиционеры	ККЦМ-100	Россия	600-1000	25000-140000
Прецизионные кондиционеры	Ballu Machine	Италия	64-241	6400-17500

Прецизионные кондиционеры	Stulz	Германия	18-104	1000-10000
Крышный кондиционер	Wesper ROOFTECH RTCH 100	Россия	97-158	20000-30000
Крышный кондиционер	Vortice TRT- 150E6P	Италия	1,9	15000
Шкафной кондиционер	Daikin	Япония	340	10000
Шкафной кондиционер	Systemlink Rittal	Германия	500-3000	12500
Вентиляторы	Ostberg TKH960C3	Швеция	1,9	10080
Вентиляторы	VR 90-50/45.4V	Россия	4,92	6600
Чиллеры	Daikin E-Series	Япония	12,1-1900	до 180
Чиллеры	General Climate GACC/GACH/GASC	Россия	до 2180	1-207
Чиллеры	Hitachi SAMURAI RCUE/RHUE	Япония	до 2180	до 200
Фанкойлы	General Climate GDU/GCU/GCO	Россия	до 397	до 32000
Фанкойлы	Actionclima	Италия	1,5-141,8	350-19500
Сплит-системы	Daikin MXS	Япония	5 - 32	1500-3200
Сплит-системы	General Climate GC/GU	Россия	до 32	до 3000
Сплит-системы	AEG KWI/KWA	Германия	6,90	1700-2500

СКФВ в зависимости от расположения кондиционеров по отношению к обслуживаемым помещениям делят на центральные и местные (кондиционеры-доводчики) [3].

По характеру использования приточного наружного воздуха все СКФВ подразделяются на: прямооточные, рециркуляционные и с частичной рециркуляцией [3,4].

В прямооточных системах, используется только приток наружного атмосферного воздуха. Эти системы используют наружный атмосферный воздух, обрабатывают его до требуемых параметров и подают в обслуживаемые ЧП. Из помещений воздух отводится системами обработки и удаления воздуха.

Прямоточные СКФВ применяют для ЧП, в которых выделяются значительные количества токсичных и ядовитых паров, газов и пыли, содержатся болезнетворные микроорганизмы, исключающие повторное

использование (рециркуляцию) удаляемого из помещения воздуха. Такие же системы применяют для помещений, в воздухе которых содержатся резко выраженные неприятные запахи, а также для помещений с выделениями взрывоопасных и пожароопасных веществ [3].

В РК многократно используется один и тот же воздух, который отводится из ЧП, подвергается в системе доводки воздуха (кондиционере-доводчике) необходимой обработке до требуемых параметров воздуха в ЧП определенного класса чистоты и снова подается в ЧП. Таким образом, осуществляется полная рециркуляция воздуха, соотношение приточного наружного и рециркуляционного воздуха для ЧП высоких классов примерно 1:10. Обычно РК применяют для помещений, в которых образуются только тепло и влагоизбытки и, в которых отсутствуют выделения вредных веществ (паров, газов и пыли) в значительных количествах.

Схемы СКФВ с частичной рециркуляцией воздуха являются наиболее универсальными: в зависимости от производственно-экологических условий в ЧП и состава наружного воздуха они могут работать по приточной схеме, по схеме с частичной или полной рециркуляцией.

СКФВ могут быть однозональными и одноканальными. Обработанный в ЦК такой системы воздух подается в ЧП по определенному воздухопроводу без дополнительной обработки перед входом в ЧП. Однозональные СКФВ применяют для обслуживания одного или нескольких ЧП одного класса чистоты с одинаковыми требуемыми параметрами внутрипроизводственной среды воздуха.

В случае, если требуется подавать в несколько ЧП различных классов чистоты воздух с различными заданными параметрами микроклимата и запыленности, то применяют многозональные схемы СКФВ. В многозональных СКФВ приточный наружный воздух обрабатывается в ЦК до определенных параметров, по воздухопроводам подается к ЧП, а перед подачей непосредственно в ЧП подвергается дополнительной обработке и очистке в КД до параметров, требуемых для ЧП соответствующего класса. Современные схемы СКФВ оборудуются неавтономными кондиционерами в многосекционном исполнении, воздухозаборным устройством со стартовыми фильтрами и разветвленной сети воздухопроводов.

В представленной работе проведен анализ основных схем воздухоподготовки СКФВ для чистых помещений микроэлектроники, а также предложены рекомендации по целесообразному использованию каждой исследуемой схемы для чистого помещения соответствующего класса.

Список литературы

1. Рябышенков А.С., Ларионов Н.М., Тюхов А.А. Организация работы персонала в чистых помещениях. - Сборник научных трудов «Методы анализа и контроля объектов природно-технических геосистем» под ред. проф. В.И. Каракеяна. М.:МИЭТ, 2014. - с. 75-78.
2. Рябышенков А.С., Ларионов Н.М. Повышение эффективности системы кондиционирования и фильтрации воздуха в чистых помещениях. - Материалы Международной научно-практической конференции «Векторы развития современной науки», Уфа, 2014. - с. 24-26.
3. Ананьев В.А., Балусева Л.Н. и др. Системы вентиляции и кондиционирования. теория и практика. – Евроклимат, 2001. - 416 с.
4. Рябышенков А.С. Системный анализ функционирования чистых помещений для микроэлектроники. - Научно-технический журнал. Известия вузов. ЭЛЕКТРОНИКА, том 21, №3, 2016. - с. 218-223.