

информационной общей последовательности сигналов $u_{\Sigma 1}(t) = u_c(t) + u(t)$ на входе вычитающего устройства Σ (см. Рис.4). На выходе вычитающего устройства Σ получаем декодированную общую информационную последовательность сигналов $u_c(t) - u_{c2}^*$, в которой замирания устранены. Ключи ЭКл1...ЭКлN-1 обеспечивают селекцию информационных каналов (распределение информации по каналам). Для сглаживания пульсаций и усиления сигналов до требуемого уровня на выходе каждого информационного канала могут применяться соответственно фильтры низкой частоты ФНЧ и усилители УНЧ.

BS постоянно отслеживает уровень сигнала, принимаемого от каждой мобильной станции, измеряет его мощность и оценивает отношение сигнал/шум (S/N). Уровень сигнала оценивается обычно на выходе RAKE-приемника базовой станции. BS определяет общий уровень помех на заданной частоте и одновременно генерирует пороговое отношение сигнал/помеха (SIR)_{пор.}, после чего формирует команду TRC (Transmit Power Control) в соответствии со следующим правилом:

Если $(S/N)_j > (SIR)_{\text{пор}}$, то мощность надо уменьшить,

Если $(S/N)_j < (SIR)_{\text{пор}}$, то мощность надо увеличить.

При такой регулировке мощности обеспечивается минимальный уровень излучения BS, которого достаточно для поддержания заданного качества передачи сигнала.

Список литературы

1. Гостев В.И. Математическая модель системы мобильной радиосвязи с регулировкой мощности передатчика в канале MS-BS и компенсацией аддитивных замираний // Захист інформації.- 2006.- №3(30). – С.72-78.

Поступила 30.11.2006 г.

УДК 004.681.3

Коженевский С.Р.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА ЖЕСТКИХ ДИСКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ЧИСТОЙ КОМНАТЫ»

Важным инструментом в технологии ремонта НЖМД и восстановления информации на физическом уровне является чистая комната. Чистые комнаты – это строительные конструкции, в которых регулируется концентрация частиц пыли в воздухе и обеспечивается специфический микроклимат, необходимые для производства или ремонта микроэлектронных изделий.

Классификация чистых помещений для целей электроники или точной механики производится по количеству неживых частиц в единице объема помещения. В настоящее время существует ряд стандартов, определяющих классы чистоты. Наиболее известный и широко применяемый стандарт - Федеральный стандарт США 209 «Чистые комнаты и требования к рабочим станциям. Контролируемая окружающая среда».

Федеральный стандарт 209 впервые опубликован в 1963 г. и имеет несколько ревизий 1966г. – 209А, 1973г. – 209В, 1987г. – 209С, 1988г. – 209D и 1992г. – 209Е. В этом стандарте измеряется количество частиц размерами не менее 0,5 мкм в одном кубическом футе воздуха. В последней версии стандарта 209Е концентрация взвешенных частиц в комнате приведена в метрических единицах. Класс комнаты определяется как логарифм концентрации взвешенных частиц размерами $\geq 0,5$ мкм. В табл. 1 приведена классификация чистых помещений согласно стандартам 209D и 209Е.

Таблиця 1
Классы чистоты согласно стандартам 209D и 209E

Класс		Концентрация взвешенных частиц									
		≥0,1 мкм		≥0,2 мкм		≥0,3 мкм		≥0,5 мкм		≥5 мкм	
209E	209D	м ³	куб.фут	м ³	куб.фут	м ³	куб.фут	м ³	куб.фут	м ³	куб.фут
M1		350	9.91	75.7	2.14	30.9	0.875	10.0	0.283	–	–
M1.5	1	1240	35.0	265	7.50	106	3.00	35.3	1.00	–	–
M2		3500	99.1	757	21.4	309	8.75	100	2.83	–	–
M2.5	10	12400	350	2650	75.0	1060	30.0	353	10.0	–	–
M3		35000	991	7570	214	3090	87.5	1000	28.3	–	–
M3.5	100	–	–	26 500	750	10 600	300	3530	100	–	–
M4		–	–	75 700	2 140	30 900	875	10000	283	–	–
M4.5	1000	–	–	–	–	–	–	35300	1000	247	7

В разных странах используются свои региональные стандарты, регламентирующие чистоту воздуха в помещениях, например в Великобритании – BS5295, Австралии – AS1386, Франции – AFNOR X44101, Германии VD 1.2083. Поэтому был разработан международный стандарт ISO 14644-1 «Классификация чистоты воздуха», определяющий 9 классов чистоты по концентрации взвешенных частиц (табл. 2).

Таблиця 2. Классы чистоты согласно стандарту ISO

Класс	Концентрация взвешенных частиц на м ³					
	≥0,1 мкм	≥0,2 мкм	≥0,3 мкм	≥0,5 мкм	≥1 мкм	≥5 мкм
ISO 1	10	2				
ISO 2	100	24	10	4		
ISO 3	1000	237	102	35	8	
ISO 4	10000	2370	1020	352	83	
ISO 5	100000	23700	10200	3520	832	29
ISO 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
ISO 7				352000	83200	2930
ISO 8				3520000	832000	29300
ISO 9				35200000	8320000	293000

Для упрощения работы со стандартами на практике применяется также классификация уровней чистоты по трем категориям: жесткому, среднему и умеренному. В табл. 3 определена взаимосвязь между некоторыми региональными стандартами на чистые помещения, международным стандартом ISO 14644-1 и приведенными категориями.

Конструкция чистых помещений

Чистые помещения состоят из рабочей зоны и системы очистки и кондиционирования воздуха. Такое помещение имеет «чистые» стены и пол, изготовленные из специальных материалов, не аккумулирующих и не выделяющих частиц пыли. В потолке чистой комнаты обычно монтируются фильтры очистки воздуха.

Фильтры могут быть сгруппированы и присоединены к общему модулю приточной системы, что облегчает установку в потолке, либо могут устанавливаться по отдельности, с индивидуальными приточными воздуховодами. Такое размещение, напоминающее

перевернутую букву «Т», образует ячеистую структуру под потолком. При этом фильтры тщательно герметизируются в корпусе для предотвращения пропуска неочищенного воздуха.

Таблица 3. Взаимосвязь между стандартами на чистые помещения

Страна и стандарт	США, 209D	США, 209E	Велико-британия, BS5295	Австралия, AS 1386	Франция, AFNOR X44101	Германия, VD 1.2083	ISO 14644-1	Категория
Дата издания	1988	1992	1989	1989	1972	1990	1997	
	1	M1.5	C	0.035	–	1	3	Жесткий
	10	M2.5	D	0.35	–	2	4	Жесткий
	100	M3.5	E или F	3.5	4000	3	5	Жесткий Средний
	1000	M4.5	G или H	35	–	4	6	Средний
	10000	M5.5	J	350	400000	5	7	Средний
	100000	M6.5	K	3500	4000000	6	8	Умеренный

Широко используются блоки «фильтр-вентилятор». В некоторых конструкциях фильтр сменный, в других случаях по истечении срока службы заменяется весь вентиляторный блок. Вентиляторы комплектуются электродвигателями, рассчитанными на разные напряжения, что позволяет использовать различные схемы электроснабжения. Некоторые сложные системы регулирования предусматривают возможность индивидуальной регулировки каждого блока, регистрации энергопотребления, выдачи сигналов о неисправностях электродвигателей, регулирование групп фильтр-вентиляторов и изменение скорости вращения вентиляторов по времени суток.

Фронтальная скорость воздуха для потолочных фильтров может быть от 0,25 до 0,66 м/с, в зависимости от проекта чистой комнаты. Поскольку система с ячеистым размещением фильтров типа «Т» занимает часть площади потолка, то фронтальная скорость фильтров 0,51 м/с соответствует средней скорости в рабочей зоне помещения 0,41 м/с.

Установка фильтров непосредственно в потолке чистых помещений проводится с целью свести к минимуму или исключить возможность накопления пыли на каких-либо поверхностях (например, на стенках воздуховодов) по ходу воздуха от фильтра к чистой комнате.

Кондиционер предназначен для приведения параметров наружного воздуха в соответствие с нормативами для чистых комнат. Это означает, что необходимо обеспечить очистку воздуха, предварительный подогрев, охлаждение, повторный подогрев, осушение и увлажнение. На кондиционер наружного воздуха возложена работа по отводу выделяемого тепла и поддержание влажности в норме.

Системы кондиционирования воздуха чистой комнаты обеспечивает подачу очищенного воздуха для поддержания заданного уровня чистоты помещения. Проектирование чистых помещений требует специфических подходов в планировании систем кондиционирования, учитывающих особенности воздухообмена, фильтрации и циркуляции воздуха в помещении, а также тепловую нагрузку. Подача воздуха в чистые комнаты должна происходить так, 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, для создания избыточного давления в помещении необходимо подавать дополнительное количество кондиционированного воздуха.

Количество очищаемого воздуха максимально для помещений с жестким режимом чистоты и снижается по мере снижения требований к очистке воздуха. Воздухообмен в

помещениях, как правило, выражается через подвижность воздуха в помещении в м/с или через кратность в обм/ч.

Средняя подвижность воздуха в помещении используется в случае, когда воздух подается через фильтрующий потолок. В литературе [] в течение многих лет для наивысшего уровня чистоты принималась подвижность воздуха $0,46 \text{ м/с} \pm 20 \%$. Это основывалось на первых проектах чистых комнат, выполненных в рамках космических программ 1960–1970гг. Однако последние эксперименты показали, что подвижность воздуха в интервале $0,35\text{--}0,51 \text{ м/с} \pm 20 \%$ является вполне допустимой, в зависимости от вида деятельности и установленного оборудования. Верхний предел подвижности воздуха соответствует высокой активности персонала и наличию оборудования с выделением пыли. Более низкие значения принимаются в том случае, если малочисленным персоналом выполняется сидячая работа и/или отсутствует пылевыведяющее оборудование.

В стандартах для чистых помещений не определяется средний уровень подвижности воздуха. Иногда приводят нормативные значения воздухообмена для чистых комнат со средним и умеренным уровнем чистоты воздуха. Для помещений со средним уровнем чистоты (классы ISO6 и ISO7) рекомендуемый воздухообмен находится в пределах 30 – 60 обм/ч, тогда как для умеренного уровня воздухообмен может быть снижен до 20 обм/ч.

Потребность в высокой эффективности воздушных фильтров продиктована в основном нуждами микроэлектронной и космической промышленности. В чистых помещениях с высокими классами чистоты обычно используются фильтры ультравысокой очистки, обладающие эффективностью 99,9995 % по частицам размером 0,12 микрон. Существуют фильтры и с более высокой эффективностью, но по причине высокой стоимости они не получили широкого распространения. На практике для жестких режимов могут использоваться фильтры с эффективностью 99,99 и 99,999%. Наиболее часто в индустрии чистых помещений используются фильтры высокоэффективной очистки с эффективностью 99,97 % по частицам размером 0,3 микрон.

Воздух, поступающий в помещение после очистки в фильтрах, практически не содержит взвешенных частиц. Подача воздуха в помещение имеет несколько целей. Во-первых, уменьшение концентрации пылевых загрязнений, возникающих вследствие пребывания людей и выполнения производственных процессов. Во-вторых, захват и унос загрязняющих частиц из помещения. Кроме того нагнетание воздуха в помещение создает перепад давления внутри и снаружи помещения, что препятствует попаданию загрязнений в помещение при открытии/закрытии дверей в него.

Известно три типа циркуляции воздуха в помещениях:

1. Однонаправленное упорядоченное течение (ламинарное), когда линии тока всех воздушных струй параллельны.
2. Неупорядоченное течение (турбулентное), когда линии тока не параллельны.
3. Смешанное течение, когда в одной части помещения воздушные струи могут быть параллельны, а в другой части – нет.

В чистых комнатах с жестким режимом, как правило, используется однонаправленное течение, которое достигается путем установки фильтров по всей площади потолка и устройства фальшпола с перфорацией. Воздух движется вертикально от потолка к полу, удаляется через перфорацию в вытяжную камеру под полом. Затем рециркуляционный воздух по периферийным рециркуляционным воздуховодам вновь подается в помещение.

Если помещение узкое (4,2–4,6 м), вместо фальшпола используются установленные внизу настенные вытяжные решетки. Воздух подается сверху и движется вертикально до уровня 0,6–0,9 м, затем поток растекается по направлению к решеткам. Такая циркуляция считается допустимой для помещений с жестким режимом, особенно при наличии запыленности в верхней зоне помещения.

Размещение мебели и оборудования оказывает влияние на структуру воздушного потока, поэтому для уменьшения влияния этих предметов на чистоту помещения их размещают таким образом, чтобы не образовывались застойные зоны с накоплением пыли.

Чистые комнаты среднего режима обычно проектируются, исходя из условия неупорядоченного течения воздуха. Фильтры равномерно размещаются по поверхности потолка и поток воздуха в целом направлен сверху вниз, однако направленность отдельных струй различна. Приточный воздух практически не содержит взвешенных частиц, их появление и накопление в рабочей зоне чистых помещений зависит от количества частиц, генерируемых в самом помещении; от снижения концентрации пыли за счет воздухообмена; интенсивности уноса частиц из рабочей зоны.

Недостатком неупорядоченной циркуляции воздуха в чистых комнатах является появление областей с высокой запыленностью. Такие области могут существовать ограниченное время, затем исчезать. Это происходит при взаимодействии воздушных потоков, возникающих в результате производственной деятельности, и неупорядоченных приточных струй.

Более 95% в тепловой нагрузке чистых помещений обычно составляет доля явного тепла, выделяемого технологическим оборудованием и электродвигателями циркуляционных вентиляторов. Небольшая доля скрытых тепловыделений создается за счет присутствия персонала. Поэтому, как правило, используется круглогодичное охлаждение помещения.

В помещениях с жесткими и средними уровнями чистоты значительная часть приточного воздуха не обрабатывается кондиционерами – это рециркуляционный воздух. Требуемый отвод явного тепла осуществляется в смесительно-распределительных камерах, где часть общего потока охлаждается в поверхностных теплообменниках и затем возвращается в общий поток к рециркуляционным вентиляторам. Ввиду большого объема притока, температура воздуха на входе в чистые комнаты с жестким режимом может быть лишь на несколько градусов ниже, чем температура удаляемого воздуха. Такой перепад температур позволяет использовать потолочную установку фильтров с подачей воздуха сверху вниз без нарушения требований комфорта для работников.

Приток наружного воздуха необходим для компенсации вытяжки и эксфильтрации, которая всегда имеет место в чистых помещениях с избыточным давлением. Из-за необходимости очистки и температурно-влажностной обработки наружного приточного воздуха он имеет относительно высокую стоимость. Поэтому системы вентиляции и очистки строятся таким образом, чтобы свести его количество к минимуму.

Давление воздуха в чистых комнатах по отношению к окружающим помещениям, как правило, выше на 12 Па. Более высокое избыточное давление вызывает свистящий шум в щелях и затруднения при открывании дверей. В блоках чистых помещений с разными классами чистоты обычно между смежными помещениями поддерживается перепад давлений 5 Па, при этом в помещении с более высоким классом чистоты поддерживается более высокое давление.

Количество наружного воздуха определяется путем суммирования объема вытяжки по всем производственным процессам и увеличения полученной кратности на 2 обм/ч. Это практическое расчетное значение, фактическое количество наружного воздуха будет переменным в зависимости от открывания дверей, утечек и реального графика работы вытяжки.

Пример реализации - чистая комната класса 100

Для проведения ремонта НЖМД, восстановления информации на физическом уровне и проведения исследовательских работ в области технологий хранения информации компания ЕПОС имеет в эксплуатации чистое помещение класса 100 общей площадью 20 м². Помещение изолировано от наружной стены здания коридором и не примыкает ни к одной из наружных стен здания. Для передачи материалов, изделий и прохода работающих в

чистые помещения предусмотрен обдувочный шлюз, внутри которого расположены 2 пылезащитные камеры КП-5 площадью 3м².

Структурная схема системы вентиляции и кондиционирования воздуха в чистой комнате приведена на рис. 1.

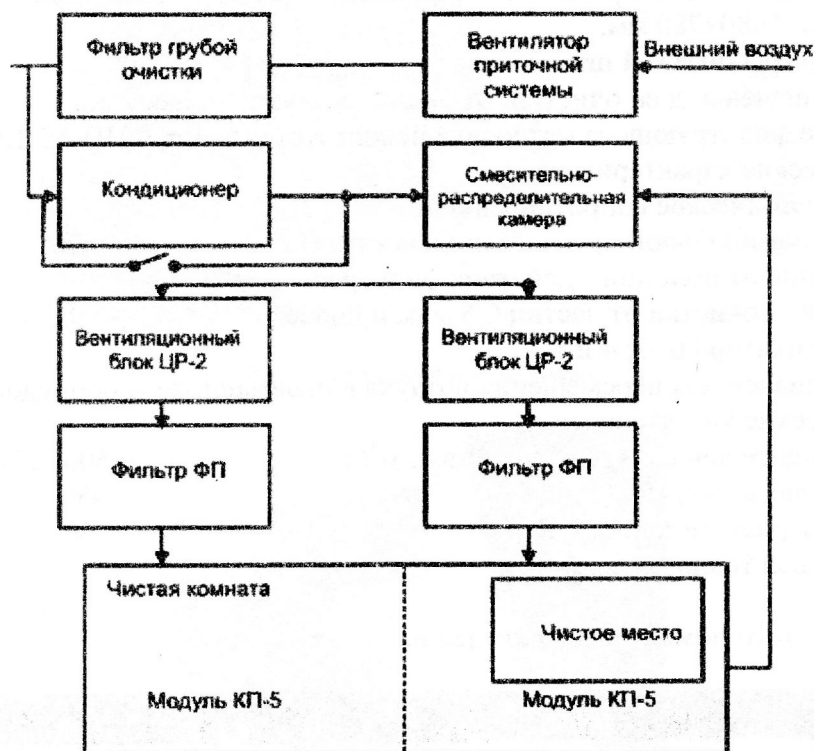


Рис. 1. Структурная схема системы вентиляции и кондиционирования воздуха в чистой комнате

Вентилятор приточной системы нагнетает внешний воздух в обдувочный шлюз через фильтр грубой очистки. В шлюзе установлен кондиционер, приводящий температурно-влажностные характеристики к нормированным значениям и выполняющий второй цикл очистки. При необходимости кондиционер можно отключать. Вентиляционные блоки ЦР-2 и фильтры ФП установлены в потолке пылезащитных камер, чем обеспечивается однонаправленное течение воздуха в рабочей зоне. Таким образом, перед подачей в чистую комнату воздух проходит трехступенчатую очистку.

Система вентиляции создает в камере избыточное давление воздуха не менее 10 Па относительно смежных производственных помещений. Для исключения передачи вибрации на конструкции чистых помещений системы вентиляции и кондиционирования воздуха оборудованы звуко- и вибропоглощающими устройствами. Части систем вентиляции и кондиционирования воздуха не содержат несъемные и трудносьемные узлы, что позволяет обеспечить возможность быстрого ремонта и наладки вентиляционного оборудования в чистых помещениях.

Состав и характеристики системы кондиционирования:

1. Камера пылезащитная КП-5; 2 шт.

Является рабочим местом для проведения операций сборки, монтажа или контроля изделий в среде очищенного воздуха.

Технические характеристики

Запыленность в рабочем объеме камере

(размер пылинок – 0,5 мкм) – не более 3

Скорость воздуха в проеме, м/с – не менее 0,3

Максимальная производительность

- нагнетателя воздуха, м³/ч – не менее 1000
 Максимальная потребляемая мощность, кВт – 0,6
 Освещенность рабочей зоны, лк – не менее 2000
2. Стол СМ-5; 1 шт.
 Предназначен для проведения ремонтных работ с камерами НЖМД. Габаритные размеры: 1880x780 мм.
3. Фильтры ФП11; 4 шт
 Предназначены для очистки от пыли воздуха, подаваемого в чистую комнату. В качестве фильтрующего материала используется ткань ФПП-15-1,5.
 Технические характеристики
 Аэродинамическое сопротивление при номинальной производительности, Па – 196
 Коэффициент полезного действия фильтров тонкой очистки от частиц 0,5 мкм и более – 99.9%.
4. Вентилятор ЦР-2; 4 шт.
 Предназначен для перемещения воздуха в пылезащитном оборудовании.
 Технические характеристики
 Производительность (регулируемая), м³/ч – 500...2700
 Полное давление, Па – 450
 Потребляемая мощность, Вт – 750
 Встроенная тепловая защита

План чистого помещения приведен на рис. 2

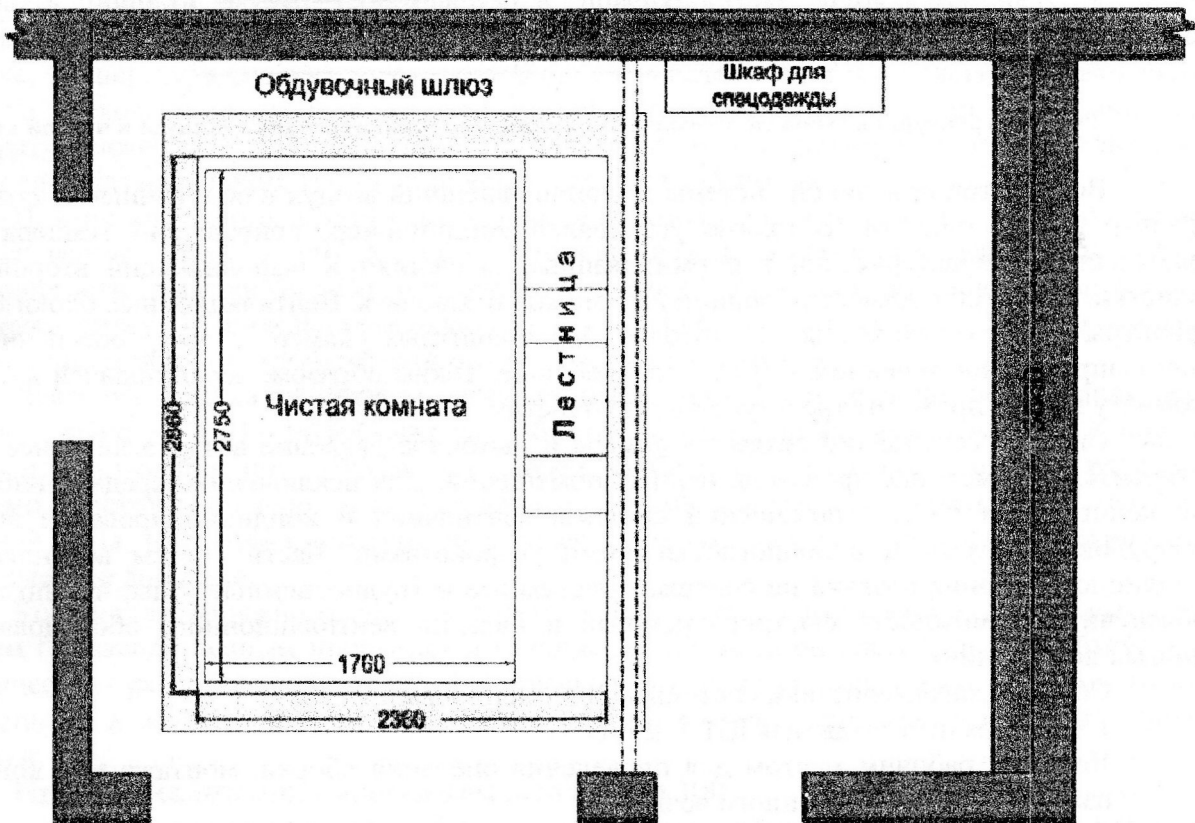


Рис. 2. План чистой комнаты

Внешний вид камеры и чистое рабочее место в камере приведены на рис. 3 и 4.

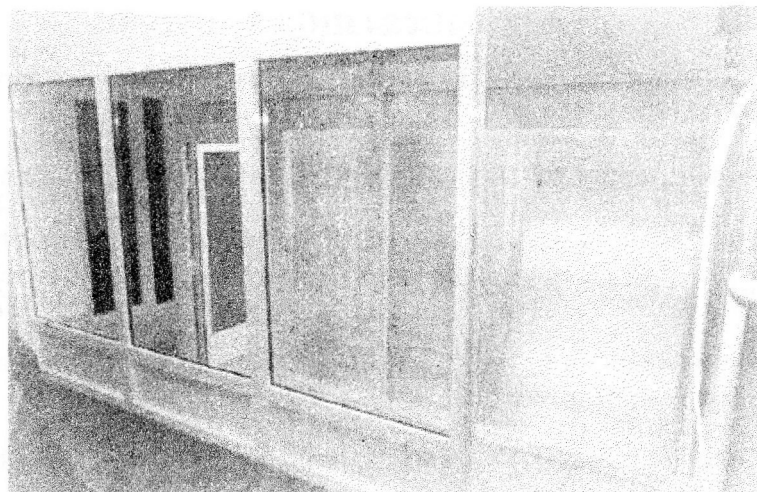


Рис. 3. Внешний вид камеры



Рис. 4. Рабочее место в камере

Чистое помещение прошло испытание временем. По результатам измерений анализатором запыленности оно признано пригодным для выполнения ремонта жестких дисков, восстановления сменных носителей и проведения других работ, требующих повышенной чистоты воздуха.

По результатам измерений в «чистой комнате» содержится 4...6 частиц размером 0,5 мкм на 1 л воздуха; в «чистой зоне» содержится 2...4 частиц размером 0,5 мкм на 1 л воздуха. Прибор – анализатор запыленности АЗ-5.

Согласно ОСТ 11.14.33.02-87 условия воздушной среды соответствуют классу чистоты 100.