

# Как создать чистое производственное помещение. Технологии и оборудование

А. Усатов, к.х.н.<sup>1</sup>, П. Ляхов<sup>2</sup>

УДК 697.941 | ВАК 2.2.2

Чистые помещения в электронной промышленности играют ключевую роль при обеспечении высокого качества создаваемых изделий. С ужесточением проектных норм и внедрением новых технологических процессов становится все сложнее обеспечивать контроль дефектов, возникающих в функциональных устройствах в процессе производства. Микроскопические частицы, попадая на монокристаллическую пластину или высокоинтегрированную печатную плату, могут приводить к выходу из строя всего изделия. Поэтому на предприятиях по изготовлению электронных и оптических приборов организация рабочего пространства с особым микроклиматом обязательна. В статье рассматриваются технологические решения и оборудование при создании чистых помещений и локальных чистых зон в высокотехнологичных отраслях промышленности.

**Ч**истое помещение представляет собой замкнутое пространство, в котором поддерживаются определенные параметры микроклимата и качество среды (число и размер таких частиц, как пыль, аэрозоли, микроорганизмы и т.д.), регламентируемые нормативными документами, такими как ГОСТ ИСО 14644-1. Особая конструкция этих помещений и применение специальных технологических средств позволяют свести к минимуму поступление, выделение и удержание частиц внутри, а также при необходимости контролировать другие параметры, например температуру, влажность и давление. Чистые помещения характеризуются счетной концентрацией частиц, то есть числом частиц в единице объема воздуха, размеры которых равны или превышают определенную величину.

Источниками загрязняющих частиц могут быть строительные конструкции, установленное или используемое оборудование, работающий в них персонал. Поэтому в таких помещениях нужно использовать особое оборудование и спецодежду для персонала, которые не выделяли бы или выделяли минимум загрязняющих веществ. При создании чистых помещений для электроники необходимо обеспечить чистое воздушное пространство рабочей среды и соблюдение требований по снятию статических зарядов, накапливаемых персоналом. Зачастую в технологических зонах микроэлектронного производства

вовсе нет персонала, так как он является основным вероятным источником появления посторонних частиц.

Классификация чистых помещений производится в соответствии с количеством частиц определенного размера в единице объема воздуха и регламентируется международным стандартом ГОСТ ИСО 14644-1 (табл. 1). При классификации чистых помещений рассматривают частицы с нижними пороговыми размерами от 0,1 до 5,0 мкм.

На кристалльном производстве, где происходит процесс изготовления микросхем, полупроводниковых приборов и прочих изделий на кремниевой пластине, организуют помещения, как правило, с классом чистоты от ИСО 2 до ИСО 4 в зависимости от требований к технологическому процессу. Сборка оптических приборов, прецизионных гироскопов, лазерных устройств, компьютеров, бортовой электроники осуществляется в помещениях с классом чистоты от ИСО 5 до ИСО 6, сборка других электронных устройств – в помещениях с классом чистоты не ниже ИСО 8.

Чистые помещения различаются тем, как туда поступает и как в них циркулирует воздух. От этого зависит конструкция помещения, тип подачи в него воздуха и оснащение. Чтобы поддерживать чистоту воздуха, используют автоматику, а также проводят мероприятия и соблюдают протоколы, исключающие попадание посторонних частиц снаружи.

Используются разные способы вентилирования помещений:

- с турбулентной, или обычной вентиляцией, то есть воздух поступает из распределителей или фильтров на потолке в рабочую зону неоднаправленным

<sup>1</sup> АНО «АВТех», service@awtec.ru.

<sup>2</sup> ООО «Инпрен».

Таблица 1. Классификация чистых помещений по ИСО 14644-1

Класс ИСО	Предельно допустимые концентрации частиц (частиц/м <sup>3</sup> ), с размерами, равными или большими					
	0,1 мкм	0,2 мкм	0,3 мкм	0,5 мкм	1,0 мкм	5,0 мкм
1 ИСО	10	-	-	-	-	-
2 ИСО	100	24	10	-	-	-
3 ИСО	1 000	237	102	35	-	-
4 ИСО	10 000	2 370	1 020	352	83	-
5 ИСО	100 000	23 700	10 200	3 520	832	-
6 ИСО	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
7 ИСО	-	-	-	352 000	83 200	2 930
8 ИСО	-	-	-	3 520 000	832 000	29 300
9 ИСО	-	-	-	35 200 000	8 320 000	293 000

воздушным потоком (применяется для чистых помещений с невысокими классами чистоты);

- с комбинированным воздушным потоком – то же самое, что и турбулентно вентилируемое помещение, но там, где изделие может быть загрязнено, используется локальная чистая зона, в которой воздух подается в одном направлении (применение смешанного потока позволяет в определенных условиях сократить требуемое число зон с высоким уровнем чистоты);
- с ламинарным потоком (однонаправленным воздушным потоком) – воздух нагнетается в комнату через систему фильтров со средней скоростью в диапазоне от 0,2 до 0,5 м/с, а в помещении воздух движется в заданном направлении (обычно сверху вниз без турбулентностей), благодаря чему он остается более чистым.

Зонирование чистых помещений на локальные участки по классам чистоты является основополагающей задачей при обустройстве всего комплекса чистых помещений. Организация передвижных (мобильных) локальных чистых зон, обеспечивающих необходимый класс чистоты на производстве или в лаборатории, является эффективным и инновационным технологическим решением. Так как планировка помещений должна соответствовать последовательности производственных операций и требованиям по чистоте, а также сводить к минимуму

возможность загрязнений, передвижные локальные чистые зоны с заданным классом чистоты могут быть компактно установлены в существующих помещениях, что максимально снижает затраты на оснащение, а сборная конструкция и легкость перемещения на роликовых колесах позволяют максимально гибко оптимизировать технологический процесс.

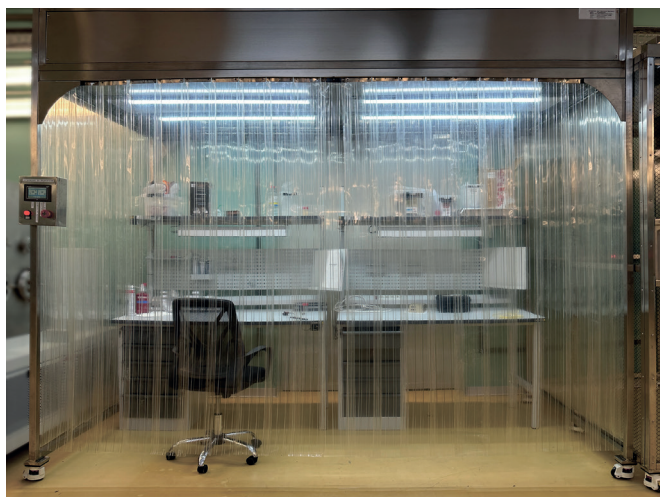
АНО «АВТех» предлагает разнообразные технологические решения для организации чистых помещений, в том числе на предприятиях электронной промышленности и приборостроения. Компания выпускает оборудование на собственном производстве, причем возможна кастомизация серийных изделий и разработка новых моделей по техническим требованиям заказчика. В линейке решений компании представлено разнообразное оборудование для создания как чистых помещений в рамках производства, так и чистых зон внутри помещений и локальных беспылевых рабочих зон.

Рассмотрим подробнее основные типы оборудования компании «АВТех» для чистых помещений.

Для организации рабочего места по беспылевой сборке электроники и оптических приборов компания «АВТех» предлагает ламинарную станцию с вертикальным нисходящим потоком воздуха в рабочей зоне «Квазар» (рис. 1). Станция обеспечивает класс чистоты вплоть до ИСО 5 и может быть размещена в чистом помещении или выделенной чистой зоне. Воздух из помещения, нагнетаемый



**Рис. 1.** Станция с вертикальным нисходящим потоком воздуха в рабочей зоне «Квазар» (модификации с шириной рабочей зоны 1600 и 1200 мм, прозрачными и черными матовыми стенками)



**Рис. 2.** Передвижной чистый модуль «Союз»

вентилятором, поступает в фильтровентиляционный блок, проходя через предварительный фильтр, задерживающий крупные частицы, затем через HEPA-фильтр абсолютной очистки с эффективностью 99,995% при размере задерживаемых частиц от 0,1 до 0,3 мкм. Благодаря

особой системе распределения потоков, в рабочую зону поступает уже однонаправленный поток отфильтрованного воздуха высокой степени чистоты.

Станция «Квазар» оснащается светодиодным освещением, компактный дизайн позволяет разместить бокс в ограниченном пространстве. Боковые стенки выполнены из стекла, опционально возможно исполнение стенок из черного матового пластика. Предусмотрена 9-ступенчатая регулировка скорости воздуха. Предлагается исполнение корпуса станции без задней стенки – для работы двух операторов, сидящих друг напротив друга. Станция оснащается электророзетками для подключения оборудования. Опционально доступно исполнение станции «Квазар» с увеличенной до 1600 см шириной рабочей зоны.

Для создания локальной чистой зоны более высокого класса, чем внешнее рабочее пространство, рекомендуется использовать передвижной чистый модуль (ПЧМ) «Союз» (рис. 2). ПЧМ «Союз» представляет собой мобильную конструкцию, которая позволяет создать в одном помещении выделенную зону с классом чистоты от ИСО 5 до ИСО 7. Внутри чистого модуля может быть установлено любое оборудование, в том числе ламинарная станция «Квазар» или вытяжные шкафы для работы с чистыми изделиями, что позволяет дополнительно увеличить класс

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ «АВТЕХ» ДЛЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И ЭЛЕКТРОНИКИ

**АНО «АВТех»** — российский производитель оборудования и инженерных решений для высокотехнологичных отраслей промышленности. Комплекс услуг компании включает производство оборудования по техническому заданию; инжиниринг (проектирование и строительство производственных помещений общего назначения, чистых помещений и лабораторий); сервисную и техническую поддержку поставляемого оборудования; квалификацию оборудования и помещений.

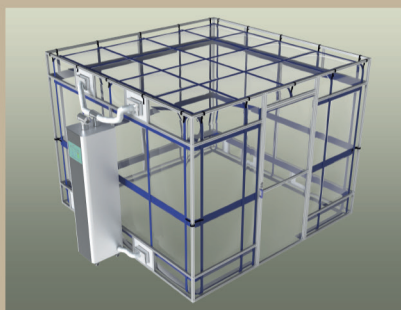
## «МАРС-1» — модульное укрытие для создания локальных чистых зон с контролируемой средой

Технология «МАРС-1» — универсальное решение для организации чистого производственного процесса.

Ограждающие конструкции могут быть выполнены в виде каркасных элементов с мягкими пленочными или жесткими пластиковыми стенками. Подготовка воздуха (HEPA фильтрация и создание нисходящего ламинарного потока воздуха)

внутри локальной чистой зоны осуществляется с помощью установки ФВМ.

Модульные чистые зоны «МАРС-1» производятся по индивидуальным размерам, в соответствии с нашими проектными решениями, разработанными под конкретную задачу заказчика.



## Ламинарные укрытия

Представленное оборудование необходимо для обеспечения заданного класса чистоты воздуха в рабочей зоне, а также для хранения и перемещения компонентов в чистой среде. При необходимости возможно изготовление оборудо-

вания по индивидуальному ТЗ заказчика. Всё оборудование проходит обязательную квалификацию на соответствие заявленным техническим характеристикам с предоставлением протокола квалификации.



Кабина с нисходящим ламинарным потоком (ламинарное укрытие)  
**УРАН**



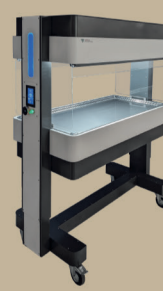
Ламинарная станция  
**КВАЗАР**



Ламинарная станция  
**КВАЗАР**



Ламинарный шкаф для хранения одежды  
**СИРИУС**



Универсальная ламинарная станция  
**ПРОМЕТЕЙ**



Передвижной чистый модуль  
**AWTech**

## Элементы чистых помещений и локальные чистые зоны

Перечень оборудования включает передаточные окна, проходные воздушные шлюзы, воздушные шлюзы с транспортером, лифты для чистых помещений, очистители обуви и др. Локальные чистые зоны исполняются по индивидуальному ТЗ заказчика.



Воздушный шлюз  
**ПОРТАЛ**



Передаточные окна  
**КС**



Локальная чистая зона  
**ПЧМ СОЮЗ**



**АНО «АВТех»**  
127566 Россия, Москва,  
Алтуфьевское шоссе, д. 48, к. 1  
+7 (499) 322-99-34  
+7 (999) 078-72-69  
info@awt.ru | www.awt.ru



QR-код на каталог продукции



**Рис. 3.** Модульная конструкция «Марс-1», оснащенная фильтровентиляционным модулем «ФВМ», для создания чистых зон с контролируемой средой

чистоты рабочей зоны. Сборно-разборная конструкция ПЧМ «Союз» не имеет потолочного крепления и может передвигаться по помещению при помощи поворотных роликовых колес на опорах. Базовая конструкция ПЧМ «Союз» – это модель минимальных размеров с одним фильтромодулем. Предусмотрена возможность соединения нескольких базовых модулей (блоков) в единую конструкцию до достижения необходимого в каждом конкретном случае размера требуемой локальной чистой зоны.

Необходимая степень чистоты полученной локальной чистой зоны достигается рассчитываемым количеством фильтромодулей, закрепляемых на потолке каркаса. С помощью вентилятора фильтромодуля создается ламинарный (однонаправленный) поток HEPA- (опционально ULPA-) фильтрованного воздуха внутри рабочей зоны. Лампы дневного света или опционально бактерицидные УФ-лампы расположены на потолке каркаса. Оставшаяся часть потолка модуля закрыта металлическими панелями. Боковые стенки обрамлены ламелями (узкими виниловыми полосками, расположенными внахлест по внешнему периметру каркаса локальной чистой зоны). Ламели закреплены на верхней планке каркаса. Они спускаются от потолка конструкции и не доходят 20 см до пола.

Доступно различное исполнение ламелей: затемненные (светонепроницаемые), с антистатической защитой, пожаробезопасное исполнение, с защитой от УФ-излучения и др. Возможно исполнение модуля с боковыми стенками на основе жестких панелей, а также изготовление передвижного чистого модуля по индивидуальным размерам заказчика. В конструкцию модуля могут быть встроены передаточные окна, воздушные шлюзы

и другое необходимое оборудование. Кроме того, ПЧМ «Союз» может быть оснащен микропроцессорной системой управления.

Для организации локальных чистых зон, а также лабораторно-производственных комплексов на их основе, в компании «АВТех» разработана альтернативная технология с использованием модульных конструкций «Марс-1» (рис. 3). На базе этих конструкций можно создавать лаборатории-трансформеры, сборочные цеха, промышленные комплексы, которые при необходимости могут легко перестраиваться под меняющиеся задачи исследовательской или производственной деятельности. Технологические решения на основе модулей «Марс-1» позволяют создавать, либо обеспечивать перепланировку рабочих пространств с контролируемой средой (чистота воздуха, давление, климат-контроль), не прибегая к перестройке основного помещения.

Ограждающие конструкции «Марс-1» могут быть выполнены в виде каркасных элементов с мягкими пленочными или жесткими стенками из акрилового листа, закаленного стекла и т.д. Модули производятся по индивидуальным размерам под конкретную задачу заказчика.

Преимуществами модульных зон «Марс-1» является удобство хранения и транспортировки, относительно низкая стоимость и высокая скорость возведения ограждающих конструкций, минимизация вентилируемого объема (снижение расходов на подготовку воздуха необходимой степени чистоты), возможность менять конфигурацию модульного укрытия в зависимости от задачи.



**Рис. 4.** Воздушный шлюз с боковым обдувом «Портал»



**Рис. 5.** Мобильный шкаф-тележка для перевозки чистых продуктов с HEPA-фильтрацией воздуха в рабочей зоне

Конструкцию возможно использовать в качестве постоянного или временного решения. Доступно каркасное исполнение (отдельно стоящая каркасная конструкция) или консольное исполнение (крепление к стене). Модули «Марс-1» с прозрачными стенками из акрилового листа или ПВХ-пленки исключают необходимость устройства наружных окон для естественного освещения и позволяют контролировать работу персонала извне.

В предлагаемой компанией технологии забор воздуха из внешнего помещения, очистка его через ступенчатую систему фильтрации, включающую фильтр грубой очистки и HEPA-фильтр, и подача в необходимом объеме в технологическую капсулу осуществляются с помощью фильтровентиляционного модуля «ФВМ», как показано на рис. 3, что принципиально отличает данную технологию организации чистого пространства от использования передвижных чистых модулей типа ПЧМ «Союз». При этом возможно обеспечение класса чистоты воздуха в рабочей зоне такой конструкции от ИСО 5 до ИСО 8.

Рабочие блоки «ФВМ» оснащены сенсорной панелью управления с программируемым микропроцессорным контроллером и удобной световой индикацией состояния фильтров на передней панели. В модулях применяется система бесконтактной смены фильтров, а внутренние воздуховоды и распределительные решетки сделаны из нержавеющей стали. Установки предназначены для постоянной продолжительной работы: циклы продолжительностью не менее 5000 ч, в зависимости от состояния фильтров тонкой очистки. Забор воздуха может

происходить как из помещения, в котором расположен модуль, так и из соседнего рабочего или технологического пространства, что облегчает обслуживание и увеличивает гибкость технологических решений при размещении всего комплекса.

Для перемещения персонала между зонами различного класса чистоты и предотвращения проникновения механических частиц и микроорганизмов при переходе персонала из одного помещения в другое применяют проходные воздушные шлюзы с боковым обдувом, такие как «Портал» (рис. 4). Это самостоятельная конструкция с дверями для входа и выхода, а также с системой обдува потоком фильтрованного воздуха во внутреннем пространстве.

Основной принцип работы воздушного шлюза – это 100%-ная рециркуляция воздуха и создание направленных воздушных струй во внутреннем пространстве, обдувающих находящийся там персонал со скоростью 15–25 м/с. Забор воздуха происходит в нижней части внутреннего пространства через воздухозаборную решетку, далее воздушный поток вентилятором направляется через высокоэффективный HEPA-фильтр в обдувочные сопла, создающие направленные воздушные струи.

Варианты исполнения, предлагаемые компанией «АВТех»: «Портал-1.2» (одностворчатая дверь, двусторонний обдув), «Портал-2.1» (двухстворчатая дверь, обдув с одной стороны), «Портал-1.1» (одностворчатая дверь, обдув с одной стороны). На дисплее отображаются параметры работы шлюза, микропроцессорная система блокировки дверей предотвращает одновременное открытие обеих дверей.



**Рис. 6.** Передаточные окна KS для чистых помещений

Для воздушного шлюза «Портал» доступны следующие опции: герметичное исполнение, датчик присутствия, система ограничения доступа, исполнение из нержавеющей стали. Ключевое преимущество – широкие возможности адаптации под конкретные задачи пользователя.

Еще один вид оборудования от компании «АВТех» – мобильный шкаф-тележка для перевозки чистых продуктов (рис. 5), который предназначен для перемещения изделий, таких как, например, печатные платы, элементы оптических приборов, прецизионных гироскопов, лазерных устройств, бортовой электроники, между различными чистыми зонами, а также может использоваться для временного хранения предметов в чистых условиях. Защита перевозимого продукта осуществляется с помощью системы обдува однонаправленным потоком HEPA-фильтрованного воздуха, при этом в рабочей зоне поддерживается класс чистоты ИСО 5. Наличие источника бесперебойного питания обеспечивает возможность автономной работы до 90 мин. Доступ в рабочую зону ограничен двумя дверцами, оснащенными магнитами и герконовыми датчиками открытия-закрытия, для сигнализации пользователю о том, что дверцы открыты.

Шкаф-тележка оборудован микропроцессорной системой управления, поддерживающей различные режимы работы вентилятора.

Важным элементом чистых помещений и зон являются передаточные окна, которые используются для передачи предметов и материалов между чистым помещением и обычным помещением или двумя отдельными чистыми помещениями (обычно разного класса чистоты), что широко применяется при поэтапной сборке электронных или оптических устройств. Механическая или электронная система блокировки для обеих дверей предотвращает их одновременное открытие и вероятность загрязнения чистых помещений при попадании загрязненного воздуха из помещения более низкого класса чистоты.

Передаточные окна с функцией обдува предмета из форсунок потоком воздуха обеспечивают дополнительную гарантию чистоты материалов при перемещении их из помещения в помещение. Всеми этими функциональными особенностями обладают окна KS для чистых помещений от компании «АВТех» (рис. 6). В некоторых типах предлагаемых передаточных окон реализован высокоскоростной обдув HEPA-отфильтрованным воздухом. Кроме того, доступные для пользователя дополнительные опции включают: установку УФ-лампы, установку флуоресцентной лампы, выбор другого цвета внешних поверхностей (по умолчанию – белый).

Как видно из представленного материала, компания «АВТех» предлагает полный спектр оборудования для организации производства в условиях беспылевой сборки электроники различного назначения и оптических приборов с организацией рабочего пространства с классом чистоты от ИСО 5 до ИСО 8. Кроме рассмотренного выше оборудования, в ассортименте компании «АВТех» имеются также кабина с нисходящим ламинарным потоком «Уран» для защиты оборудования и технологического процесса от пыли и аэрозолей; ламинарный шкаф «Сириус» для хранения одежды; универсальная ламинарная станция «Прометей» с регулируемой высотой рабочего стола и другое оборудование для работы в производственных и исследовательских чистых помещениях и зонах различного профиля.

\* \* \*

АНО «АВТех» – российский производитель оборудования и инженерных решений для высокотехнологичных отраслей промышленности. Комплекс услуг включает производство оборудования по техническому заданию; инжиниринг (проектирование и строительство производственных помещений общего назначения, чистых помещений и лабораторий); сервисную и техническую поддержку поставляемого оборудования; квалификацию оборудования и помещений.

## ООО «Руднев-Шиляев»

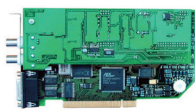


Разработка и создание измерительных систем и программного обеспечения

### ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЗАКАЗЧИКА!



разработка измерительных систем по техническому требованию Заказчика



разработка и производство приборов



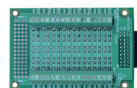
помощь в составлении технического задания Заказчика



разработка программно-аппаратного обеспечения по ТЗ Заказчика



производство измерительных систем



сертификация измерительных систем и приборов

125130, г. Москва, ул. Клары Цеткин, д. 33, корп. 35  
www.rudshel.ru, e-mail: adc@rudshel.ru тел./факс: (495) 787-6367 787-6368

Организаторы



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ  
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

При поддержке



Оператор



ПрофКонференции

Инновационный партнер



РОССИЙСКИЙ ФОРУМ  
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА 2024  
— 10 лет —

 **23–28**  
сентября 2024

Федеральная территория  
«Сириус»

**6**

дней

**2500+**

участников

**850+**

компаний

**14**

секций

**25**

круглых  
столов

**850+**

докладов

**125+**

экспозиций

**1000**М<sup>2</sup>

выставочных  
площадей

**10 лет  
вместе!**

Российский форум «Микроэлектроника 2024» –  
синергия уникальных событий

- Предконференции
- Научная конференция «ЭКБ и микроэлектронные модули»
- Деловая программа
- Школа молодых ученых
- Выставка «Виртуальная среда микроэлектроники»
- Культурная программа



Подписывайтесь и будьте в курсе  
всех последних новостей!

+7 495 641 57 17

microelectronica.pro

info@microelectronica.pro