

# Модульные чистые помещения — простое и экономичное решение

**Производство электроники немыслимо без чистых помещений (ЧП), поскольку, работая с изделиями крайне малых размеров, необходимо заботиться о том, чтобы в рабочем пространстве отсутствовали пыль, посторонние газы и прочие загрязнения. Потребность в ЧП возникла достаточно давно, поэтому и технологии уже отработаны, и на рынке имеется широкий спектр предложений. В этой связи возникает важный вопрос: на чем следует остановить свой выбор?**

**Вадим Надоленко**

vadim@tronic.com.sg

**В** России очень многие предприятия имеют ограниченный бюджет и потому постоянно должны искать ответ на сакраментальный вопрос: «Что на имеющиеся средства можно построить?» Конечно, нет проблем создать полноценное ЧП, и многие поставщики готовы сделать детальный проект и весьма качественно оснастить такое помещение. Но дело в том, что это не всегда целесообразно, так как в ряде случаев технологический процесс требует чистоты не везде, а лишь в одной небольшой зоне. Что же в этом случае делать?

Предположим, для некоего хитрого устройства, на которое возлагаются большие надежды и которое, помимо прочего, обошлось в кругленькую сумму, заказчику требуется 5-й класс чистоты по ИСО на площади 9 м<sup>2</sup>. Это реальный пример: на одной из специализированных выставок к представителю фирмы соответствующего профиля обратился начальник конкретного производства и сообщил, что ему срочно необходимо ЧП небольшого размера и 5-го класса чистоты. Посетителю рассказали, что такое ЧП, из чего они состоят, и сообщили прочие тонкости проекта. Слушая представителя фирмы, визитер серьезно опечалился, поскольку у него возник неизбежный вопрос: сколько же будет стоить такое помещение? В процессе беседы удалось выяснить, что чистая среда требуется для установки

размером 1,5×3 м, которую планируется разместить в покрасочном цехе. В результате потенциальному заказчику было предложено недорогое и весьма эффективное решение.

Подобные ситуации возникают в разных отраслях — медицине, фармацевтике, электронике. Очень часто необходима маленькая локальная чистая зона в пределах другой, менее чистой, или вообще расположенная на обычном производстве, где чистота зависит от настроения штатной уборщицы и количество частиц не поддается исчислению (прежде всего потому, что их там не считают).

И надо сказать, для решения таких задач существует простое, продуманное, унифицированное, а потому удобное и экономичное решение. Это модульное чистое помещение (МЧП) (рис. 1), действующее по тем же принципам, что и любое ЧП. Мощный кондиционер подготавливает воздух, доводит его до приемлемых параметров по чистоте, влажности и температуре, затем подает на фильтровентиляционные модули (ФВУ), которые дополнительно фильтруют воздух и подают непосредственно в чистую зону, создавая воздушный поток необходимой скорости и соответствующего избыточного давления.

В зависимости от процесса воздушный поток может направляться сверху, сбоку или снизу. Если модуль устанавливается в уже существующем ЧП — все еще




**Рис. 1.** Модульное чистое помещение

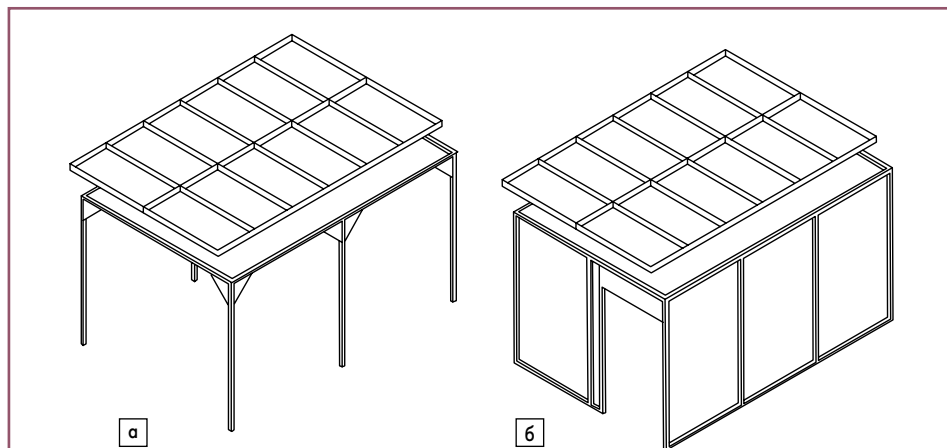
проще, поскольку для предварительной подготовки воздуха не нужен большой и дорогой кондиционер. Воздух уже предварительно подготовлен, поэтому просто подается на встроенные ФВУ для дополнительной фильтрации.

Очень интересное отличие МЧП от стационарного заключается в том, что его можно устанавливать везде. В этом случае не нужны специально отстроенные помещения и мощные потолочные балки для подвесного потолка. По большому счету, МЧП можно установить даже на улице (правда, предварительно нужно убедиться в том, что заказчик готов нести соответствующие затраты на фильтры).

Для подобных случаев разработаны ЧП на основе контейнеров, способные выдерживать периодические транспортировки на значительные расстояния. В контейнерном МЧП можно разместить полнофункциональную походную лабораторию или, например, операционную, в любой момент готовую к перемещению в зону чрезвычайных ситуаций, причем размещать подобную лабораторию можно буквально в чистом поле.

МЧП с мягкими стенами и занавесями ПВХ вместо дверей — это экономичное, универсальное решение, позволяющее создавать локальные участки повышенной чистоты на существующем производстве в полупроводниковой, медицинской и других отраслях промышленности. Такие ЧП портативны, расширяемы, легки в сборке и демонтаже.

В отличие от традиционных ЧП, комплексуемых подвесными потолками, предлагаемые МЧП представляют собой отдельно стоя-


**Рис. 2.** Несущие конструкции МЧП: а) с мягкими стенами; б) с жесткими стенами

щие независимые структуры, не нуждающиеся во внешних поддерживающих устройствах, причем для их установки специальных разрешений не требуется.

Несущая конструкция таких ЧП сформирована из стальных вертикальных и поперечных профилей и потолочных ячеек (секций), состоящих из Т-образных профилей, обеспечивающих установку фильтров и светильников (рис. 2а). Прочность соединений позволяет перемещать конструкцию после инсталляции. Каждый модуль представляет собой автономную систему, с возможностью контроля при помощи панели управления фильтровентиляционных установок, освещения и других выбранных параметров.

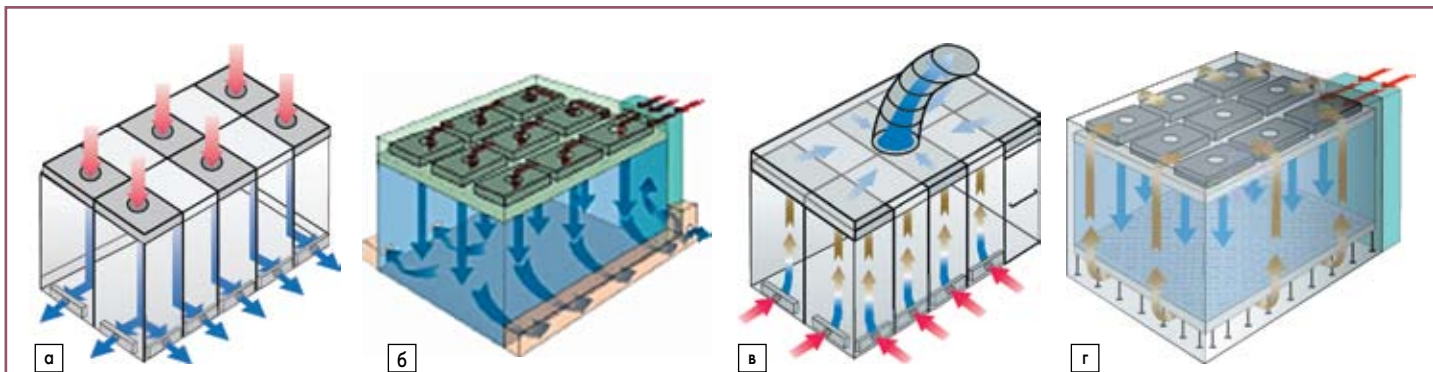
В МЧП с твердыми стенами так же, как и во всех конструкциях этого ряда, используются стальные структуры, не требующие внешних поддерживающих устройств (рис. 2б). На инсталляцию таких МЧП, как правило, уходит несколько дней и, что важно, специальные разрешения также не требуются. Несущая конструкция таких ЧП состоит из квадратных вертикальных и поперечных профилей, а также потолочных ячеек из отполированной нержавеющей стали. Еще более жесткая конструкция рассчитана на комплектацию твердыми стеновыми панелями.

Для ряда специфических приложений в настоящее время доступны прозрачные акриловые панели, использование которых позволяет превращать модуль ЧП в подобие просматриваемого насквозь аквариума. Однако наряду с удобством контроля и малым весом

акрил имеет существенный недостаток — боится некоторых чистящих средств, в частности спиртосодержащих. Конечно, существует много альтернативных средств, в том числе антистатические ПВХ или полипропиленовые панели, которые можно чистить практически чем угодно, поскольку они обладают высокой стойкостью к кислотосодержащим и другим химическим реагентам.

И наконец, уже существующее ЧП можно модифицировать при помощи отдельных универсальных панелей, отгородив локальную зону и обеспечив воздушный поток требуемой мощности. Сейчас на рынке богатый выбор панелей. Кроме упомянутых выше имеются стеклянные, из полированной нержавеющей стали с окнами из закаленного стекла, уже привычные антистатические ПВХ и т. д. Для невысокого же класса чистоты (до 5 ИСО) можно воспользоваться давно известными и хорошо зарекомендовавшими себя на российском рынке прозрачными гибкими полосами.

Рассмотрев конструкционные особенности МЧП, перейдем к проблемам обеспечения заданного уровня чистоты. В стандартном варианте МЧП воздушный поток направляется сверху вниз от установленных в потолочной решетке ФВУ и удаляется через специально предусмотренные отверстия в нижней части стен либо через проемы между стеной и полом, если для циркуляции воздуха стены приподняты над полом (рис. 3а). Однако такая организация воздушного потока не всегда подходит для решения конкретных задач производства. Следует отметить, что конструкция


**Рис. 3.** Схемы воздухообмена

модульных помещений позволяет реализовать и другие способы создания и контроля воздушной среды.

В определенных случаях, например для удаления опасных химических реагентов и порошков, специалисты предпочитают создавать отрицательное давление (рис. 3б). Тогда принцип организации воздушного потока прямо противоположный. В стандартном варианте нагнетаемый с помощью ФВУ чистый воздух создает избыточное давление, выталкивающее его из комнаты вместе с загрязнениями. В данном же случае мощный насос создает в отводящем воздуховоде разрежение, куда устремляется воздух из помещения, вытягивая за собой ядовитые загрязнения (рис. 3в). Подаваемый через ФВУ воздух фильтруется, а скорость потока регулируется таким образом, чтобы поддерживать разреженную атмосферу.

Оба варианта обладают своими преимуществами и недостатками. Каждый случай требует специфических решений, поскольку необходимо, в частности, продумывать процедуру входа и выхода персонала, подачи материалов. Несомненно, большое значение имеет стоимость проекта.

Однако все приведенные способы имеют ограничения по чистоте, поскольку ламинарный поток удается создавать не по всей площади помещения. Возникают завихрения, неизбежно снижающие класс чистоты. Вместе с тем достаточно предусмотреть наличие прямого потока чистого воздуха в критических зонах, а общий класс помещения (5 ИСО или ниже) вполне удовлетворяет потребности огромного количества фармацевтических и других производств.

Однако ряд производственных процессов предъявляют более высокие требования. Микроэлектронное производство, например, требует особого отношения к чистоте — для обеспечения приемлемых параметров необходимо использование фальшполов, не препятствующих прохождению воздушного потока (рис. 3г). Воздух из подпольного пространства попадает в зону между двойными стенами, после чего частично отбирается на повторную фильтрацию.

Перфорированные фальшполы, обеспечивая создание ламинарного потока по всей площади, позволяют избавиться (или почти избавиться) от завихрений в производственной зоне. Разная степень перфорации дает возможность управлять воздушными потоками внутри помещения в соответствии с требованиями планируемого технологического процесса. Конечно, стоимость подобного помещения многократно выше, чем тех, что были описаны ранее, но, к сожалению, другого пути столь существенно повысить класс чистоты пока не придумано.

Сами элементы конструкций — фальшполы, панели, ФВУ — стоят того, чтобы рассмотреть их подробнее, но это тема отдельного обзора.

#### Литература

1. [www.cemag.us](http://www.cemag.us)
2. Solid State Technology. March 2010. Vol. 53. Issue 3.
3. TerraUni Inc. Mini-catalog 2008. Vol. 10, No 10.
4. [www.cleanroom-technology.co.uk](http://www.cleanroom-technology.co.uk)